Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção

Cristian Mendes Donadel

GERENCIAMENTO DOS ESTOQUES PARA MANUTENÇÃO CORRETIVA NA TBG UM ESTUDO DE CASO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção

Florianópolis
2010

Cristian Mendes Donadel

GERENCIAMENTO DOS ESTOQUES PARA MANUTENÇÃO CORRETIVA NA TBG
UM ESTUDO DE CASO

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de

"**Mestre em Engenharia de Produção**"

no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da

Universidade Federal de Santa Catarina

Professor Sérgio Fernando Mayerle, Dr.
Orientador

Florianópolis, 31 de março de 2010

Cristian Mendes Donadel

GERENCIAMENTO DOS ESTOQUES PARA MANUTENÇÃO CORRETIVA NA TBG
UM ESTUDO DE CASO

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de
"**Mestre em Engenharia de Produção**"
no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina

Área de concentração
Logística e transportes

Florianópolis, 31 de março de 2010

Professor Antonio Cezar Bornia, Dr.
Coordenador da Pós Graduação

Banca Examinadora

_____

Prof. Mirian Buss Gonçalves, Drª.

_____

Prof. Antônio Sérgio Coelho, Dr.

_____

Prof. Carlos Manoel Taboada Rodriguez, Dr.

A Deus pela vida e saúde e a minha família por prover da forma mais singela a base de minha disciplina e dedicação.

Agradecimentos

Ao prof. Sérgio Fernando Mayerle pela forma sempre entusiástica de incentivar e orientar o progresso de meu trabalho.

Ao prof. Carlos Manoel Taboada Rodriguez por oferecer soluções ótimas a todos os problemas logísticos que encontrei no decorrer do curso.

Aos amigos que fiz neste programa de pós graduação, em especial Cleiton Lourenço, Joisse Lorandi, Rafael Kieckbusch, Jociane Rigoni, Alberto Matsuda e Marco Canassa.

Aos colegas da TBG que colocaram a minha disposição todas as informações de que precisei para construir esta dissertação, em especial Lúcio Miranda, Oswaldo Monte e Reinaldo Andrade.

Quando o poder do amor se sobrepuser ao amor ao poder, o mundo conhecerá paz.

Jimi Hendrix

Resumo

Donadel, Cristian Mendes. Gerenciamento dos estoques para manutenção corretiva na TBG - Um estudo de caso. Florianópolis, 2010. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC, 2010.

Esta dissertação tem por objetivo descrever o atual modelo de gestão de estoques de peças de reposição para manutenção corretiva da TBG – Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil S.A. e verificar a aderência deste modelo em relação à realidade da companhia. Busca também diagnosticar pontos de melhoria e propor estudos para possíveis alterações na política de gestão de peças de reposição, sugerindo uma forma de administração e controle de estoques unificados, utilizando processos auxiliados pelo uso de sistemas de gestão integrados (ERP - *Enterprise Resource Planning*).

Palavras-chave: Logística, peças de reposição, gestão de estoques.

Abstract

Donadel, Cristian Mendes. Management of stocks for corrective maintenance on TBG - A case study. Florianópolis, 2010. 89 f. Dissertation (Master in Production Engineering) - Graduate Program in Production Engineering. UFSC, 2010.

The aim of this dissertation is to describe the current model of inventory management of spare parts for corrective maintenance of TBG (Transportadora Brasileira Gasoduto Bolivia-Brasil S.A.) and verify the adherence of this model in relation to the reality of the company. Search also diagnose areas for improvement and propose studies to possible changes in policy management of spare parts, suggesting a form of administration and unified inventory control, using procedures aided by the use of integrated management systems (ERP - Enterprise Resource Planning) .

Keywords: Logistics, spare parts, inventory management.

Lista de Figuras

Sumário

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1 ORIGEM

Com o crescimento das cidades, o desenvolvimento das empresas e a evolução das formas de produção, vive-se hoje como nunca numa sociedade que necessita de energia para manter-se em movimento. Nesse contexto, o gás natural tem-se apresentado nos últimos anos como uma forma de energia alternativa, limpa e ecológica, tomando um espaço anteriormente ocupado por outras formas de energia mais pesadas e poluentes, como o carvão e o próprio petróleo.

Apesar de ter uma forma de extração, produção e transporte muito semelhante a este último, até porque sua existência na natureza está associada a ele, algumas diferenças básicas tornam estas operações mais específicas para cada tipo de fluído. No caso do gás natural, o processo de transporte acontece através da pressão exercida sobre o fluído dentro do sistema de dutos, que empurra o gás através de estações de compressão até sua chegada ao ponto de consumo. Essa pressão, juntamente com a temperatura e outras condições físico-químicas, é controlada ao longo de toda a rota de transporte. Para que esse movimento do gás natural aconteça, o seu sistema de transporte é basicamente dividido em estações de compressão de gás, estações de medição e estações de entrega, podendo todas estas plantas estarem na mesma localização física bem como estarem espalhadas em pontos estratégicos ao longo do duto. Todas essas plantas possuem um aparato de equipamentos tecnológicos que operam 24 horas por dia para garantir o fluxo do gás até seu ponto de consumo. Para isso, todas elas necessitam de manutenção constante para que não haja falha e o fluxo do gás não seja interrompido.

Nesse ponto, surge a questão central deste estudo: para que a manutenção seja efetiva, é necessário disponibilizar a equipe responsável por essa tarefa todos os recursos necessários para à execução dos reparos, sejam estes preventivos ou corretivos. Grande parte destes recursos é traduzida em peças de reposição, ou sobressalentes, que precisam estar disponíveis às equipes de manutenção na hora certa, na quantidade certa, no lugar e nas condições de conservação certas para suas utilizações no momento que se fazem necessárias.

Desenvolver uma política de gestão de peças de reposição e a logística para suportar este processo torna-se vital para confiabilidade na operação de transporte do gás natural.

1.2 OBJETIVO GERAL

Descrever o atual modelo de gestão de estoques de peças de reposição para manutenção corretiva da TBG – Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil S.A. e verificar a aderência deste modelo em relação à realidade da companhia, propondo estudos visando aumentar a confiabilidade dos procedimentos de manutenção da empresa em sua operação de transporte de gás natural através de dutos.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Descrever o atual modelo de gestão de peças de reposição para manutenção corretiva utilizado na TBG;

b) Verificar a aderência do modelo utilizado à realidade da companhia através de teste de aderência pelo método de Kolmogorov-Smirnov;

c) Diagnosticar pontos de melhoria e propor possíveis alterações na política de gestão de peças de reposição da companhia;

d) Propor estudos para uma forma de administração e controle de estoques de peças de reposição unificada na companhia, utilizando processos auxiliados pelo uso de sistemas de gestão integrados (ERP - *Enterprise Resource Planning*).

1.4 JUSTIFICATIVA

Atualmente a TBG é responsável pelo transporte e entrega de aproximadamente 60% de todo o gás natural consumido no Brasil. Grande parte deste gás natural é utilizada como fonte para geração de energia através de usinas termoelétricas que garantem o abastecimento nas regiões sul e sudeste do país.

Nos dois últimos anos do governo de Fernando Henrique Cardoso, em 2001 e 2002, uma crise nacional sem precedentes no Brasil, que ficou conhecida como “apagão”, afetou o fornecimento e distribuição de energia elétrica. "Apagão" é um termo que designa interrupções ou falta de energia elétrica freqüentes, como *blackout* de maior duração.

No início da crise levantou-se a hipótese de que talvez se tornasse necessário fazer longos cortes forçados de energia elétrica em todo Brasil. Estes cortes forçados, ou blecautes, foram apelidados de "apagões" pela imprensa.

Na época, havia grande possibilidade de ocorrer apagões no país, sobretudo nas grandes cidades. Felizmente a aplicação desses cortes — que produziriam severas perdas na economia brasileira — pôde ser evitada graças ao bom resultado de uma campanha por um racionamento "voluntário" de energia. Mas o termo ganhou uma grande popularidade, acabando por denotar toda crise energética, ao invés de denotar apenas os eventuais cortes forçados.

A crise ocorreu por falta de planejamento e ausência de investimentos em geração e distribuição de energia, e foi agravada pelas poucas chuvas. Com a escassez de chuva, o nível de água dos reservatórios das hidroelétricas baixou e os brasileiros foram obrigados a racionar energia.

É um fato por demais conhecido o aumento contínuo do consumo de energia devido ao crescimento populacional e ao aumento de produção pelas indústrias. Isso exige planejamento antecipado e execução de políticas econômicas governamentais para suprir, a tempo, as necessidades de expansão da produção de energia.

Rumores durante o ano de 2007 a respeito de um novo apagão do sistema elétrico e uma crise no sistema energético nacional e que se estenderam pelo ano de 2008 tem preocupado o governo e empresas, bem como a população, originadas pela falta de chuvas para o abastecimento dos reservatórios das usinas hidroelétricas.

Nesse contexto, a TBG ocupa papel central na matriz energética brasileira e manter o sistema de transporte e entrega de gás operacional significa manter todo o sistema produtivo de grande parte das empresas e cidades do sul e sudeste brasileiro em atividade. O inverso disso seria levar toda essa região a um colapso energético.

1.5 IMPORTÂNCIA

Para que este sistema de transporte e entrega de gás natural possa funcionar de forma ininterrupta, a utilização de sistemas gerenciais de manutenção e logística para a gestão de peças de reposição apoiados pelo uso de ERP são de grande importância para a empresa, podendo trazer benefícios tais como:

a) Oferecer visibilidade para toda a companhia da situação dos estoques de materiais sobressalentes armazenados em seu estoque central e em todos os seus depósitos regionais;

b) Possibilitar movimentações de transferência entre seu estoque central e suas unidades regionais, evitando compras desnecessárias que podem onerar a companhia;

c) Prevenir e auxiliar a sanear a duplicidade de itens de estoque que podem estar armazenados desnecessariamente em diversos depósitos;

d) Aumentar a confiabilidade dos processos de manutenção e operação do gasoduto por minimizar possíveis ocorrências de falta de materiais;

e) Fornecer informações consistentes quanto à movimentação e consumo de sobressalentes aos gestores do processo, auxiliando na tomada de decisão quanto ao estoque base a ser adotado para cada item e o seu ressuprimento.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 1 são apresentadas a origem do problema, os objetivos gerais e específicos, a justificativa, importância, estrutura e limites deste trabalho.

O capítulo 2 descreve a metodologia empregada na pesquisa.

No capítulo 3 é exposto o referencial teórico utilizado para fundamentar o trabalho.

O capítulo 4 apresenta o estudo de caso propriamente dito.

No capítulo 5 tem-se a análise do modelo observado para este estudo de caso.

O capítulo 6 apresenta as conclusões e recomendações relativas a esta dissertação.

O capítulo 7 traz as referencias bibliográficas.

Por fim, temos os anexos da pesquisa.

1.7 LIMITES DO TRABALHO

Este trabalhou limitou seu estudo e pesquisa do modelo de gestão de sobressalentes de apenas uma unidade regional da TBG – Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil, a saber, a Regional Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), não se estendendo as demais unidades da empresa.

CAPÍTULO 2: METODOLOGIA

Esta etapa visa expor a forma e a fundamentação científica utilizada para a confecção da pesquisa.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho é um estudo de caso sobre o modelo de gestão de estoques de peças de reposição para manutenção corretiva da TBG – Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil S.A. Segundo Roesch (1996), apesar deste tipo de pesquisa ser geralmente dificultada dado o problema de confidencialidade dos dados, no caso deste trabalho não foi percebida qualquer dificuldade para o levantamento.

2.1.1 Abordagem

A abordagem desta pesquisa é qualitativa pelo fato de que teve por objetivo um estudo de caso. Para Triviños (1987), uma das grandes vantagens da pesquisa qualitativa é que o pesquisador tem ampla liberdade teórico-metodológica para realizar seu estudo.

2.1.2 Caracterização da pesquisa

As modalidades de investigação que se oferecem ao pesquisador para realizar seus estudos, tendo como base os objetivos gerais da pesquisa, podem ser classificadas em:

- Exploratória: é aquela que tem por objetivo o aprimoramento da idéia central, buscando torná-la mais explícita, proporcionando maior familiaridade com o problema, através de um constante levantamento de dados (Gil, 1991);

- Explicativa: é aquela que traz como preocupação central identificar fatores que determinam a ocorrência de fenômenos. (Gil, 1991).

Descritiva: "... tem como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis." (Gil, 1987).

Esta pesquisa é exploratória e também um estudo de caso, pois, segundo Greenwood (1973, p. 117), é: "Um exame intensivo, tanto em amplitude como em profundidade de uma unidade de estudo, empregando todas as técnicas disponíveis para isto. Os dados resultantes ordenam-se de maneira tal que o caráter unitário da amostra seja preservado, para obter finalmente uma compreensão completa do fenômeno como um todo."

2.1.3 Perspectiva do estudo

A perspectiva deste estudo é transversal, visto que analisa as operações de gestão de peças sobressalentes para apenas um intervalo de tempo. Segundo Lakatos (1992, p.106):

“A maioria dos especialistas faz, hoje, uma distinção entre métodos e métodos, por se situarem em níveis claramente distintos, no que se refere a sua inspiração filosófica, ao seu grau de abstração, à sua finalidade mais ou menos explicativa, à sua ação nas etapas mais ou menos concretas da investigação e ao momento em que se situam.”

2.2 TIPO DE PESQUISA

2.2.1 Meios

Com relação aos meios, a pesquisa foi realizada de duas formas: pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo. Foi bibliográfica, conforme Gil (1987), no sentido de que utilizou todo material disponível para aprofundar o conhecimento sobre o objeto de estudo, fornecendo um embasamento teórico.

2.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

2.3.1 População

Segundo Lakatos (1992, p.108):

“Universo ou população é o conjunto de seres animados ou inanimados que apresentam pelo menos uma característica em comum... A delimitação do universo consiste em explicar que pessoas ou coisas, fenômenos, serão pesquisados, enumerando suas características comuns, como, por exemplo, sexo, faixa etária, organização a que pertencem, comunidade onde vivem, etc.”

A população integrante da pesquisa deste trabalho partiu dos 3.541 itens de estoque, que eram os itens cadastrados no sistema da TBG no momento desta pesquisa. Destes, apenas 940 itens tiveram alguma movimentação no estoque desde o ano de 2002. A partir destes itens, passa-se a filtrar dentre estes aqueles com as maiores demandas, separando os itens pelos seus códigos, determinando assim a amostra.

2.3.2 Amostra

Para que os dados de um levantamento sejam significativos, é necessário que a amostra seja constituída por um número adequado de elementos. Conforme Soares (1991) deve-se considerar como amostra o conjunto de dados efetivamente observados.

2.3.3 Definição da amostra

Uma vez filtrados os itens com movimentação a partir dos 940 itens que apresentaram movimentação no estoque desde 2002, estes foram agrupados pelas quantidades de requisições de saída por item. A partir daí, foram ordenados estes itens de forma decrescente, do item com maior quantidade de requisições de saída para o de menor quantidade de requisições de saída.

Destes itens, observaram-se através da planilha de histórico das movimentações os itens que tiveram maior movimentação: 28 itens com movimentações variando entre 4 e 52 pedidos, e totais de itens dentro destes pedidos variando em 1030 e 24.

2.4 TÉCNICA DE COLETA DE DADOS

2.4.1 Tipos de dados

Os dados coletados nesta pesquisa foram tanto de origem primária quanto secundária.

2.4.2 Instrumentos de coleta de dados

Os instrumentos de coleta de dados nesta pesquisa foram relatórios de sistema.

Foram ainda utilizados os seguintes instrumentos de coleta de dados:

- levantamento bibliográfico: a fim de aprofundar o conhecimento sobre o objeto de estudo, fornecendo um embasamento teórico.

- observação participante aberta: que ocorre quando o pesquisador tem permissão da empresa para realizar sua pesquisa e todos sabem a respeito de seu estágio, inclusive trabalha junto com demais empregados, como ocorreu neste caso (Roesch, 1996).

- análise documental: os dois objetivos básicos desta técnica são por produzir um registro fiel do passado e contribuir para a solução de problemas atuais (Richardson, 1985).

CAPÍTULO 3: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS INVENTÁRIOS DE MANUTENÇÃO

Inventários de peças de reposição, ou sobressalentes, como também são chamados, não são inventários de produtos intermediários ou finais para venda a clientes. Esse é um dos motivos pelos quais as políticas de administração destes materiais diferem dos produtos para venda a consumidores finais. De fato, segundo Kennedy, Patterson e Fredendall (2002), inventários de peças de sobressalentes diferem em vários aspectos dos demais inventários industriais ou de varejo, como os produtos em processo de manufatura ou produtos acabados para venda ao consumidor.

3.1.1 Inventários de manutenção *versus* inventários para manufatura

Em primeiro lugar, as funções dos inventários de peças de reposição para manutenção são diferentes daqueles de manufatura. Os inventários de produtos em processo de manufatura ("produtos-em-processo", do inglês WIP, *work in progress*) existem para amenizar os impactos das irregularidades do fluxo de produção, agindo como um pulmão dentro do processo produtivo. Estas irregularidades podem ser causadas por mudanças no *mix* de produtos, desarranjos de equipamento, diferenças em taxas de produção entre processos diferentes, manipulação de material, e muitas outras coisas. Estes inventários de produtos acabados existem como fontes de fornecimento para entrega a clientes e são projetados para proteger também contra irregularidades de demanda de *lead time*, diferenças em níveis de qualidade, dificuldades de trabalho, problemas de programação, diferenças entre capacidade e demanda, e outras características de produção já conhecidas.

Inventários podem ser usados para proteger fabricantes contra variações e aleatoriedade nas linhas de produção, podem ser utilizados como uma forma de resposta à demanda variável de determinados clientes, bem como podem ser aplicados para manter uma alta disponibilidade de mercadorias para um elevado nível de serviço ao consumidor. Dessa forma, as quantidades de estoques devem ser suficientemente necessárias para proteção e segurança contra as incertezas de demanda. Assim, o próprio nível de inventário deveria ser fixado baseado na

relação entre o investimento em inventário e o nível de serviço requerido. Observando pelo ponto de vista de manutenção, o investimento em manutenção preventiva pode reduzir as variações no processo produtivo e as divergências entre os valores estabelecidos como meta pela produção através da redução na proporção de itens defeituosos (HSU-HUA LEE, 2005).

A função dos inventários de peças sobressalentes é prover assistência ao pessoal de manutenção para manter os equipamentos em condições operacionais. Peças sobressalentes não são produtos intermediários ou finais a serem vendidos a um cliente. O objetivo básico destes inventários é prover o subsídio necessário para que a equipe de manutenção mantenha os equipamentos envolvidos no processo produtivo em condições de operação.

Investimentos em inventários de peças de reposição aumentam o nível serviço para o pessoal de manutenção preventiva, previnem paradas prolongadas de equipamentos em manutenções corretivas devido à falta de estoque e conseqüentemente reduzem a proporção de produtos defeituosos e atrasos na entrega da produção para o cliente final (HSU-HUA LEE, 2005).

Em segundo lugar, outra diferença básica entre os inventários de produtos em processo ou produtos acabados para venda e os inventários de peças de reposição é que, no caso dos primeiros, seus estoques podem variar de acordo com as oscilações de mercado, promoções de marketing, podem ser aumentados ou diminuídos mudando taxas de produção e horários, melhorando qualidade, reduzindo *lead times*, etc. Já os inventários de peças de reposição estão diretamente ligados a como os equipamentos são utilizados e como é realizada sua manutenção. Dependendo do tipo de manutenção a ser realizada, esta requer que um determinado tipo de peça tenha sua entrega postergada, o que pode trazer impactos à forma de consumo das peças de reposição. Se as condições de monitoramento indicarem que uma peça está ficando fora de uso, políticas podem ser implementadas para reduzir o uso dessa peça. Poucas de tais opções estão disponíveis ao planejar inventários *WIP* e inventários de produto acabado.

Além disso, existem outros aspectos que tornam únicos os inventários de manutenção. As condições ou políticas de manutenção de uma companhia podem determinar que existam equipamentos reservas ou redundantes em sua linha de produção, o que pode impactar nos níveis de estoques de peças reposição, pois influenciam nas decisões sobre o reparo ou troca de equipamentos.

Em alguns casos não temos informações confiáveis ou disponíveis no grau de que necessitamos para determinar a quantidade de peças de reposição para determinados equipamentos, muitas vezes em função de serem equipamentos novos, e assim não dispomos de históricos para determinação dos tempos entre falhas.

O investimento em manutenção preventiva reduz a proporção de artigos defeituosos, e também influi no tempo de entrega dos produtos acabados da produção para o cliente. Segundo Hsu-Hua Lee (2005), investimentos em inventários e manutenção preventiva deveriam estar baseados no impacto destes em medidas quantificadas de desempenho, por exemplo, nível de serviço e qualidade. Então, para este autor, o que é preciso é um modo de expressar as medidas de desempenho quantificadas como uma função de investimentos em inventário e manutenção preventiva.

Estes e outros aspectos incomuns de inventários de manutenção levaram Kennedy, Patterson e Fredendall (2002) a procurar na literatura existente o que já havia sido escrito e esboçar alguns dos principais problemas nesta área. Dois dos documentos por eles revistos resumiram partes significantes da literatura. O primeiro, por Pierskalla e Voelker (1976), foi uma pesquisa geral de modelos de manutenção com uma breve discussão de modelos de inventário, que tratou de uma atualização do trabalho de pesquisa executado por McCall em 1965. A segunda revisão de literatura analisada por eles foi um estudo realizado por Nahmias (1981) que trata da literatura referente a administração de sistemas de inventário onde itens podem ser recuperados através de conserto. São determinados modelos matemáticos para as políticas pertinentes. As políticas descritas são modelos de revisão contínua, modelos de revisão periódica e modelos de fila. Nahmias (1981) classifica os modelos em três classes - revisão contínua, revisão periódica e modelos baseados em sistemas de fila cíclicos, onde esboça os modelos analíticos usados em cada caso.

3.1.2 Aspectos únicos de inventários de manutenção

Para desenvolver uma descrição de inventários de manutenção, as condições que os fazem diferente de inventários *WIP* ou inventários de produto acabado precisam ser descritas em

maiores detalhes (KENNEDY, PATTERSON E FREDENDALL, 2002). Algumas destas condições são:

a) Políticas de manutenção que, para o usuário, ditam a necessidade por inventários de peças sobressalentes. Por exemplo, um modo para restabelecer a funcionalidade de uma máquina que tem uma de suas partes quebrada é consertá-la ou substituir a parte quebrada. A decisão de se consertar ou substituir têm implicações profundas nos níveis de inventário de manutenção. Outra decisão é a escolha da quantidade de equipamentos redundantes para se projetar para uma máquina ou equipamento. Se houver muitas partes redundantes, pode ser possível substituir todas as partes que não estão em funcionamento em um momento conveniente e manter poucas unidades disponíveis para emergências; se houver pequena redundância, há uma maior necessidade por peças sobressalentes imediatamente disponíveis;

b) Informações confiáveis geralmente não estão disponíveis ao grau necessário para a predição de tempos de falha, particularmente no caso de equipamento novo. Um dos benefícios de se monitorar continuamente um equipamento é permitir que um operador tenha treinamento suficiente para auxiliar na predição de quando uma unidade precisará de conserto ou substituição;

c) Falhas de parte de equipamentos são freqüentemente dependentes. Isto cria um problema, particularmente se a relação de dependência não é conhecida;

d) Muitas vezes peças sobressalentes são demandadas por “canibalismo” de outras partes ou unidades;

e) Os custos da falta de uma peça geralmente incluem perda de qualidade bem como de produção, e estes custos são difíceis de quantificar. Aumentar riscos para pessoas também pode ser um fator relevante, e os custos associados com tais riscos não são fáceis de calcular;

f) Obsolescência pode ser um problema com as máquinas para as quais as peças sobressalentes foram projetadas. É difícil de determinar quantas unidades de uma peça deve-se manter em estoque para uma máquina obsoleta, e pode ser difícil de substituir uma peça que nenhum fornecedor detém em estoque;

g) Componentes de equipamentos serão estocados mais provavelmente em unidades completas se a unidade principal de equipamento é cara, e o conserto pode ser preferido em detrimento à substituição, se for possível.

Uma ação comum em muitas empresas e que tem influência nos inventários de manutenção é o que chamamos de "canibalismo". Em momentos de emergência ou necessidade imediata, peças ou partes de equipamentos são retiradas de outras unidades ou equipamentos e por vezes não são repostas na velocidade desejada, o que acarreta no futuro uma demanda alterada nas peças de reposição.

Segundo Kennedy, Patterson, e Fredendall (2002), outro fator que tem grande influência na formação dos inventários de peças de reposição são os possíveis custos de paradas de produção provocada pela falha de equipamentos e a demora na correção da falha por falta de sobressalentes. Esses custos muitas vezes não são fáceis de serem medidos, porém levam os administradores de materiais de manutenção a incrementar desnecessariamente seus inventários de peças de reposição para evitar estes custos.

Uma dificuldade citada anteriormente para a administração destes inventários é a obsolescência dos equipamentos empregados. Como determinar a quantidade de peças de reposição para equipamentos eletrônicos de alta tecnologia que são atualizados constantemente? É muito difícil de determinar a quantidade correta de itens a serem mantidos em estoque para estes equipamentos.

3.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO E OS INVENTÁRIOS DE PEÇAS SOBRESSALENTES

Para Kennedy, Patterson, e Fredendall (2002), há dois tipos fundamentais de manutenção – manutenção planejada ou *manutenção preventiva*, e conserto não planejado, ou *manutenção corretiva*. Para manutenção preventiva ou planejada, a demanda para peças sobressalentes é previsível. Através de softwares integrados de gerenciamento, planos de manutenção emitem listas de peças a serem utilizadas, gerando reservas no almoxarifado ou requisições de compras para a área de suprimentos. Pode ser possível colocar ordens para chegada de peças com pouco tempo para seu uso, podendo não ser necessário armazenar peças de conserto.

Ainda no contexto da manutenção preventiva, uma forma simples de política de manutenção é efetuar a troca de determinados componentes nos equipamentos em um intervalo de tempo pré-determinado, muitas vezes recomendado pelo próprio fabricante (KENNEDY, PATTERSON, E FREDENDALL, 2002).

Para consertos não planejados, ou manutenção corretiva, as conseqüências de *stockouts* incluem freqüentemente perda de produção ou descontinuidade operacional com custos significantes, e neste caso algum tipo de política de estoques de segurança é necessário. Se estoques de segurança forem necessários, a quantia depende de políticas de administração de inventários, como a obsolescência, a estrutura de depósitos, e circunstâncias únicas ou específicas a cada aplicação.

Como forma de pulverizar ou diluir os estoques de peças de reposição de maneira capilar, de forma que as mais importantes estejam mais próximas dos pontos de utilização, podemos citar um modelo proposto por Rosenbaum (1981). Este modelo estuda problemas de multi-escalão, onde menciona a existência de dois níveis de sistemas de inventários, sendo o primeiro nível um centro de distribuição (CD) principal responsável por receber, armazenar e distribuir os sobressalentes vindos diretamente do fornecedor, e outro nível considerado secundário, composto por centros de distribuição regional (CDR).

Utilizando heurística, Rosenbaum (1981) conseguiu minimizar os níveis totais de estoque calculando os níveis de serviço aceitáveis nos centros de distribuição primários e nos centros de distribuição regionais. Seus experimentos foram validados e implementados na Kodak.

Nas próximas sessões são apresentados diferentes enfoques com relação à inventários de manutenção, conforme segue.

3.2.1 Administração de inventários de manutenção

Na literatura atual a respeito de administração de inventários de manutenção temos diferentes tipos de abordagens, desde as menos técnicas, que oferecem uma visão sistêmica de administração de inventários de sobressalentes, como também abordagens mais técnicas e mais estreitas em sua natureza. Moore (1996), em um exemplo dos documentos menos

técnicos, faz uma abordagem que sugere administrar inventários de sobressalentes baseado em confiabilidade, objetivos e uma estratégia sistemática. Ele recomenda começar com uma categorização funcional de peças e o desenvolvimento de um jogo completo de regras para lidar economicamente com cada categoria de peças. Seu documento também mostra a necessidade de considerar outros indicadores como falha de máquina, histórico de uso de peças, *lead times*, confiabilidade de fornecedores, objetivos de *stockout* e metas de inventário. A justificativa para enfatizar um tratamento mais completo de administração de inventários de sobressalentes está freqüentemente baseado nos custos e economias potenciais que são possível em tais sistemas.

Modelos de otimização foram desenvolvidos por vários pesquisadores. Petrovic et al. (1990) desenvolveu um sistema especialista conhecido como Sparta (uma espécie de "aconselhador" de peças sobressalentes). A lógica proposta por seu sistema consiste em três partes. A primeira parte determina a demanda para um item que usa conjunção "se-então". A segunda parte usa regras heurísticas para selecionar o estoque indicado e a terceira parte determina as conseqüências de sistema para a lista indicada de peças sobressalentes. A base de conhecimento do Sparta consiste em dois *frames*, trinta parâmetros e trinta regras. O sistema Sparta recebe informação sobre confiabilidade fazendo perguntas de estoque recomendado, estimativa de confiabilidade e investimento total.

Haneveld et al. (1997) oferece uma solução próxima a ótima para os inventários de movimentação lenta de peças sobressalentes de alto custo. Este problema é importante porque considera a enorme despesa envolvida no caso da falha da parte resultar em máquinas essenciais para o processo ficarem fora de serviço. Encontra uma solução dividindo a compra em obtenção inicial e obtenção durante a vida da máquina. O tempo é modelado como uma variável contínua em vez de dividir isto em períodos discretos de comprimentos iguais. O abastecimento inicial é calculado baseado em uma suposição de vida infinita, mas a obtenção vitalícia está baseada em uma suposição de vida finita.

3.2.2 Outras variáveis relacionadas a inventários de manutenção

Discussões gerais sobre inventários de manutenção foram apresentadas por Mann (1966), Kennedy et al. (2002), Mamer e Smith (1982), e Seidel (1983). Mamer e Smith (1982), por

exemplo, trabalham com o problema de “kits” de conserto de campo, considerando um “kit” as peças sobressalentes e ferramentas usadas para o conserto.

Os assuntos básicos a serem solucionados, ainda de acordo Mamer e Smith (1982), são:

a) Quando fazer um pedido;
b) Quantas unidades comprar quando em um pedido;
c) Escolha do objetivo - reduzir custos ou aumentar disponibilidade?

Na realidade, há muitos outros assuntos que são diariamente resolvidos por gerentes de manutenção no campo e que oferecem a oportunidade para sistematização. Estes incluem:

a) Quando o “canibalismo” é justificado?
b) Qual seria uma “boa política” para tratamento de itens de categoria C, segundo a regra de Pareto?
c) Quais são os parâmetros de decisão de se reparar peças na própria empresa, e como isso terá impacto nas decisões de armazenagem?
d) O que seria uma política de manutenção preventiva ótima se o custo de estoques for levado em conta?
e) Como o inventário ótimo é influenciado pelo grau de relação entre as partes do sistema de produção?
f) Como uma política otimizada de manutenção preventiva poderia impactar nos custos do inventário?

3.2.3 Substituição baseada na idade (substituição por tempo de vida útil da peça)

Uma das políticas de manutenção mais simples é substituir os itens ao término de um intervalo de tempo predeterminado. Armstrong e Atkins (1996) estudaram uma solução de decisão de substituição por tempo de uso e colocação de ordens de compra juntamente para um sistema com só um componente sujeito a falha aleatória, dados a limitação de espaço de armazenamento a uma propriedade disponível em estoque, concluindo que essa otimização conjunta pode economizar uma quantia significante em cima de otimizações subseqüentes.

Zohrul Al-Olayan (1996) ampliou a pesquisa de Armstrong e Atkins (1996) para substituição baseada no tempo de uso com muitas unidades idênticas pelo uso de um modelo de simulação. Barlow-Proschan (1965) realizaram um estudo comparativo entre política ótima de estoque e políticas de substituição baseada em tempo de vida útil. A política de substituição baseada na idade do equipamento também foi estudada por Kabir et al. (1996), onde eles consideram o tempo para substituir um componente em lugar de esperar pelo tempo de reabastecimento regular.

3.2.4 Obsolescência

Quando nos preocupamos com inventários de peças sobressalentes, nos preocupamos com itens que são partes de substituição para equipamento de uma planta específica. Inventários de peças sobressalentes são mantidos como proteção contra tempo de manutenção prolongado de equipamento.

Considerando que em alguns casos são substituídas partes de equipamento, o inventário de peças sobressalentes tendem a ser relativamente caros comparados a itens de manutenção normais como peças *standards*. Desde que um inventário de peças sobressalentes tenha um uso específico, se o equipamento na qual esta peça é utilizada não é requerido, a peça sobressalente fica sem utilidade no inventário. Não há nenhum uso alternativo para ela, exceto para se colocar em inventário o item como um custo de seguro contra tempo de manutenção, caso o equipamento volte a ser requerido pela produção.

A peça sobressalente normalmente é estocada porque é difícil de ser obtida do fornecedor quando a requisição a este é feita em curto período de tempo e o item é usado em equipamento para o qual o tempo de manutenção prolongado seria muito caro ou inseguro. O nível de inventários de peças sobressalentes é determinado pelo equilíbrio entre o risco e o custo do tempo de manutenção prolongado por causa de demora na obtenção uma peça sobressalente, contra os custos de se manter o inventário e o risco de que o inventário de peças sobressalente possa ficar obsoleto antes mesmo de ser usado. Obsolescência é um problema para essas peças que raramente são necessárias.

Peças cujo uso é relacionado diretamente a manutenção repetitiva podem ser previstas dentro de um prazo curto a médio (GERAERDS 1992). Que há uma necessidade para se estocar peças sobressalentes e incorrer no perigo de obsolescência foi documentado em uma pesquisa por Ikhwan e Burney (1994), que identificaram que 34% das companhias que eles inspecionaram na Arábia Saudita tinham declarado que o problema mais severo era demora em obter peças sobressalentes.

Obsolescência de peças sobressalentes é um fator mais considerável em algumas indústrias do que em outras. Por exemplo, nas indústrias de eletrônica e computadores onde os modelos estão mudando constantemente, empresas de locação de computadores podem não achar que vale a pena manter quantias grandes de inventário, desde que eles vendam os computadores mais velhos a uma idade predeterminada. Mas, pode haver peças críticas para computadores servidores que eles detêm em estoque. Em outras companhias, como as de serviços para computadores ou fabricantes de automóveis, a habilidade do fornecedor para entregar peças sobressalentes com rapidez é um aspecto fundamental para os serviços de vendas (COHEN e LEE, 1986).

Muitos modelos de inventário não consideram explicitamente os custos de estoque obsoleto. Cho e Parlar (1991) não identificam qualquer pesquisa que considere obsolescência em suas revisões de modelos de manutenção. Eles revisaram modelos de inventário de manutenção que consideraram os custos de sobressalentes obsoletos como parte do inventário que encarece os custos, mas o risco de distribuição de obsolescência não é considerado explicitamente no modelo. Um modelo que eles revisaram incorporou custos de disposição para peças sobressalente que não puderam ser consertadas. Essa é a abordagem utilizada por Zohrul e Al-Olayan (1996) que usam uma simulação para identificar a política ótima de substituição por tempo de uso em uma colocação onde o tempo de avanço de obtenção pode aumentar o custo. Eles modelam uma situação onde o custo de manter o estoque é muito mais baixo que o de ordens e falta de itens. Kim et al (1996) também incluem os custos de obsolescência no custo de manter inventários de peças sobressalentes no nível de um sistema multi-escalão. Eles desenvolveram um algoritmo ótimo para achar o nível de peças sobressalente que minimiza o custo total esperado enquanto satisfaz uma taxa de serviço especifica.

Dhakar et al. (1994) testaram uma política com três modos de reabastecimento: conserto normal, conserto de emergência e despachando ordens excelentes em uma simulação numa fábrica de papel. Eles discutem que o ambiente de um fábrica de papel que é semelhante a muitas fábricas e sistemas do exército, tem uma porção grande de seu investimento de peças sobressalente em artigos reparáveis caros que são críticos ao sucesso operacional. Mais adiante, a indisponibilidade destes sobressalentes contribui para os excessivos custos de tempo, enquanto ao mesmo tempo estes sobressalentes têm uma baixa taxa de demanda de forma que é difícil de predizer suas falhas. O modelo deles busca minimizar os custos totais relevantes incluindo os custos de manter peças sobressalentes em estoque e os custos de aquisição de peças sobressalentes que são necessárias que não se as tem em estoque.

Walker (1996) diz que obsolescência só é incluída nos modelos de inventário de manutenção que consideram sobressalentes com um tipo de 'seguro', ou sobressalentes que têm uma alta probabilidade de não serem necessários durante a vida do sistema. Ele declara que para o analista de suprimento, o incentivo para comprar sobressalentes do tipo ‘de segurança’ é quando eles são comprados juntamente com o equipamento novo, pois o custo deles é muito mais baixo que comprando independentemente depois. Este tipo de sistema está em contraste com a maioria dos sistemas que tratam inventários de peças sobressalentes como uma populosa fonte de peças para conserto quando infinitos tipos de falhas acontecem. Em seu trabalho, Walker (1996) cria um modelo que especifica uma medida de serviço desejada e seleciona o número mínimo de sobressalentes para conhecer este nível de serviço.

Cobbaert e Van Oudheusden (1996) estendem um modelo para analisar o risco inesperado, a imediata obsolescência de inventários de peças sobressalentes. Eles examinam os efeitos de obsolescência e seus custos debaixo de várias condições diferentes. Estes incluem um risco constante de obsolescência em uma situação onde nenhuma falta é permitida; uma situação onde o risco de obsolescência pode variar, mas nenhuma falta é permitida; e uma situação onde o risco de obsolescência varia, mas algumas faltas são permitidas. A análise deles determinou que ignorando um risco de obsolescência menor que 20 por cento pode resultar em um aumento de custo médio maior que 15 por cento.

Bridgman e Mount-Campbell (1993) pressupõem que o equipamento sempre precisará de peças de reposição disponíveis para operar continuamente. Eles mostram que alguns sistemas onde os equipamentos não são usados continuamente podem ter períodos inativos

programados. Isto reduz o nível de inventário requerido e os custos da falta de estoque em uma escassez de inventário. Eles examinam políticas de inventários de peças sobressalentes no contexto do ônibus espacial onde é possível que alguns sobressalentes de inventário pudessem ficar obsoletos porque um subsistema é atualizado. Esta possibilidade aumenta os riscos de incorrer custos devido a inventário obsoleto.

3.2.5 Peças sobressalentes reparáveis

A pesquisa em administração de inventário de sobressalentes geralmente tem incorporado assuntos práticos de sistemas de manutenção e um dos mais comuns é o ajuste de inventario possível se a empresa tem habilidade para consertar uma peça existente com falha. Tratando esta parte da literatura cronologicamente, a evolução natural do fluxo de pensamento relativo para sobressalentes reparáveis também é apresentado a seguir. Allen e D'esopo (1968) propõe uma forma de minimizar os custos totais de inventário que leva em conta a penalidade pela falta (*stockout*) que está baseado na "falta esperada", um ajuste para a medida de custo total em sistemas existentes. Considerando que peças podem voltar de conserto, o *backorder* esperado de peças sobressalentes pode aumentar ou diminuir, assim fica necessário calcular as faltas esperadas por cada ponto de tempo dentro do ciclo. Isto difere do caso de políticas de reabastecimento para inventários de itens consumíveis onde a probabilidade que um destes itens entre no ciclo de conserto é zero. Os autores dividem a demanda para estoques utilizáveis que usa dois processos de distribuição de Poisson independentes, um dos quais considera sobressalentes reparáveis e o outro considera os não-reparáveis. A demanda líquida durante um *leadtime* de reabastecimento é calculada como uma variável de Poisson. Usando isto os autores puderam determinar as faltas esperadas por unidade de tempo que os levou a achar os valores do nível de inventário (a qual ordem de reabastecimento será colocada) e a qualidade da ordem de reabastecimento.

Gross e Ince (1978) aplicam análise de filas para o inventário reparável avaliando as exigências de abastecimento de um depósito de conserto. Eles formulam o problema como uma fila cíclica sem a suposição de disponibilidade alta de sobressalentes na primeira fase do processo. As fases subseqüentes incluem remoção das unidades falhadas, transporte para o depósito de conserto e o próprio conserto. Nakagawa (1981) estudou uma variedade de políticas de substituição periódicas com conserto mínimo disponível. Estes incluem (1) um

equipamento com falhas aleatórias (ao acaso); (2) duas políticas modificadas onde se uma falha acontece logo antes tempo de substituição então (a) qualquer uma outra parte do equipamento falha ou, (b) um equipamento é substituído por outro novo; e (3) três políticas de manutenção preventiva (MP) imperfeita onde (a) uma unidade depois da MP tem a mesma taxa de falha como antes da MP, (b) a idade de um equipamento se torna *x* unidades de tempo mais novo depois da MP, ou (c) a idade de um equipamento está reduzida por uma fração a cada MP.

3.2.6 Aplicações especiais em inventários de sobressalentes

Vários casos especiais foram discutidos na literatura. Estes incluem o estudo das diferenças entre ordens de compra regulares e de emergência, peças de conserto para um submarino, kits ótimos para conserto de equipamentos quando trabalhos urgentes são um critério, abastecimento com poucas peças, situação onde o número de peças sobressalentes a ser substituída é uma variável aleatória, planejamento de peças sobressalentes a serem substituídas em fases, sobressalentes para equipamentos de uso não contínuo.

As ordens de compra *regulares ou de emergência* foram modeladas por Kaio e Osaki (1978). Eles assumem uma situação na qual os sobressalentes são ordenados a intervalos regulares e mantidos em estoque e só são utilizadas para substituição no caso de uma falha acontecer. Neste caso é considerado também um *leadtime* constante. Mas se uma unidade falhar antes do tempo de colocação da ordem de compra (e *leadtime*) o recebimento do sobressalente é feito com um pedido de emergência e o *leadtime* de emergência substitui o *leadtime* habitual. Embora o *leadtime* de emergência seja menor que o *leadtime* regular, os custos incorridos devido a falta da peça e a colocação da ordem são mais altos que o custo para manter o item em estoque ou emitir a ordem regular, porque a falha já aconteceu. O tempo de falha e os custos envolvidos para a ordem regular e a ordem de emergência são considerados na função de efetividade de custo. Esta função é maximizada para adquirir uma solução ótima que equilibra a efetividade do sistema (definida pela disponibilidade de estoque) e o custo (definida pela taxa de custo esperada).

São discutidas peças sobressalentes para um submarino em dois artigos através de Denicoff et al. (1964). Eles desenvolvem um modelo para peças sobressalentes que provê uma política

para um submarino baseado em essencialidade, redundância e o efeito de cada parte. O modelo minimiza a penalidade por se "inchar" o estoque mais a penalidade da falta no problema de determinar que peças a serem providas em um submarino.

Gross e Ince (1978) apresentam um modelo baseado em filas cíclicas para uso em desenvolvimento de kits ótimos de conserto de equipamentos quando a manutenção corretiva for um critério. Este estudo formula o problema como uma fila cíclica sem a suposição de alta disponibilidade de sobressalentes na primeira fase do processo. As várias fases são a remoção das unidades falhadas, transporte para a oficina de conserto e o próprio conserto. Cada fase consiste em servidores paralelos. Para a primeira fase é considerado que o número de máquinas operacionais é o número de servidores paralelos nesta fase. A primeira fase também inclui sobressalentes que estão na fila, e quaisquer máquinas consertadas na última fase também são unidas à fila da primeira fase. O serviço do sistema é medido usando a disponibilidade que está definida como a probabilidade de que o inventário de sobressalentes não está vazio, dado que uma falha está a ponto de acontecer. O modelo é formulado aplicando o teorema de Jackson, e a equação de disponibilidade é obtida. Similarmente uma equação de disponibilidade é obtida para o modelo aproximado. O modelo aproximado não inclui a exigência para disponibilidade alta. Uma comparação entre os modelos exatos e aproximados mostra que o modelo aproximado é muito preciso.

Bruggeman e Van Dierdonck (1985) lidam com a situação onde o número de partes a ser substituído é uma variável aleatória. Eles discutem que planejamento para inventários de manutenção requer uma lista de materiais que leva em conta possíveis desarranjos também como planejamento de manutenção. Eles também consideram que o número de partes substituídas também é uma variável aleatória desde que nem todas as partes substituídas são inspecionadas.

Muitos estudos falam sobre manutenção baseada em tempo, ou vida útil das pelas. Vujosevic et al. (1990), modelou um caso especial onde são substituídas peças sobressalentes ao término de fases de uso de um equipamento. Em seu estudo, peças sobressalentes são planejadas para uso em possível reabastecimento para partes redundantes. Só são substituídas peças ao término de fases regulares predeterminadas. Na otimização, são minimizados a compra total e custos de manutenção em estoque sujeitos a probabilidades especificas de *stockout*.

Um estudo que trata de equipamentos de uso não-contínuo é apresentado por Bridgman e Mount-Campbell (1993). Em seu trabalho eles examinam o problema de achar o número mínimo de sobressalentes para sistemas de equipamentos que são usados em uma base periódica programada em lugar de uso contínuo. A suposição que o equipamento deve estar disponível em uma data base programada é notadamente diferente que a exigência de que esteja sempre disponível.

Os autores apresentam o caso básico de umas séries de modelos estocásticos que podem endereçar esta dimensão de demanda de peças sobressalente. Uma comparação do modelo dos autores é feita com modelos tradicionais com a principal observação que os modelos tradicionais falham no que tange a se manter muitos sobressalentes. Se o tempo não programado permitir o reabastecimento ou conserto de uma parte falhada, o nível de inventário de sobressalentes pode ser reduzido.

Com a utilização de sistemas ERP, o controle de inventários para manutenção passou a integrar as operações globais das companhias. Com isso, a maior mudança que está acontecendo em manutenção é a introdução da *internet*. Isto tem potencial para mudar as relações entre o usuário e o fornecedor de equipamento. A Internet permite comunicação incrementada entre o usuário e o fornecedor. Por níveis incrementados de comunicação entendemos duas coisas. Primeiro, que há uma maior freqüência de comunicação e segundo, que a comunicação é mais rápida. Por exemplo, em vez de meios de comunicação que dependem somente dos representantes de departamentos comerciais que vão até o usuário do equipamento, informações podem ser transmitidas diretamente do banco de dados do usuário ao banco de dados do fornecedor. Esta comunicação eletrônica permite contato mais rápido e freqüente.

A comunicação por internet também permite ao fornecedor um papel importantíssimo na melhora da manutenção, recebendo e provendo informações sobre o histórico do equipamento. Isto deveria permitir que todos os usuários de equipamento pudessem planejar com mais precisão sua necessidade por peças de reposição e artigos consumíveis. Compartilhando o *status* de inventário com os usuários dos equipamentos, o fabricante pode os assegurar velocidade de reposição para um componente crítico no caso de uma falha. Isto reduz o risco novamente ao usuário de um desarranjo catastrófico e uma demora longa enquanto um componente é fabricado e transportado.

3.3 TIPOS DE DEMANDA DE MANUTENÇÃO (DEMANDA CRÍTICA E NÃO CRÍTICA)

Em inventários de peças sobressalentes uma situação possível de acontecer é a utilização de peças idênticas instaladas em equipamentos diferentes, com importâncias diferentes para o processo de produção. Conseqüentemente, algumas das demandas podem ter uma penalidade muito alta no caso da falta de estoque. O modelo apresentado por Chang, Chou e Huang (2004) discute um modelo que nos permite controlar classes diferentes de demanda. Ali, os autores analisam uma política de armazenagem onde algumas peças sobressalentes estão reservadas para falhas originadas de equipamentos críticos.

Neste sentido, a demanda para peças sobressalente é classificada por Chang, Chou e Huang (2004) em demanda crítica e não-crítica, dependendo da "criticidade" do equipamento para produção.

A "criticidade" de um equipamento é definida por Dekker et al. (1998) como a importância deste para sustentar a produção de um modo seguro e eficiente.

Dekker et al. (1998) sugere um método para casos em que algumas peças de reposição são classificadas em dois níveis diferentes de criticidade: demanda crítica e não-crítica, onde as demandas críticas são originadas de falhas em equipamentos considerados vitais, e demandas não-críticas, provindas de peças instaladas em equipamentos essenciais ou auxiliares.

Em seu estudo ele observou que algumas indústrias petroquímicas, por exemplo, classificam seus equipamentos como vitais, essenciais e auxiliares. Se determinadas peças sobressalentes pertencem a um equipamento de um nível de criticidade, então o próprio nível de serviço ou penalidade de falta de estoque destas peças podem ser classificados de acordo com a criticidade do próprio equipamento em que estão instaladas. Porém, se determinadas peças são instaladas em diferentes equipamentos de diferentes níveis de criticidade, pode-se encontrar problemas para se dimensionar os níveis de estoques destes itens quando poucos deles estão instalados em equipamento de alta criticidade. Uma solução para este problema é reservar peças sobressalentes para demandas originadas especificamente destes equipamentos críticos. Para controlar o problema sobre como racionar os inventários de peças de reposição,

Veinott (1965) propôs uma política de "nível-crítico" para um modelo de revisão periódica com várias classes de demanda.

Chang, Chou e Huang (2004) desenvolveram um modelo de inventario com duas classes de demanda, usando uma política (*r; r; Q*), como um caso especial da política (*c; s; Q*) sugerida por Melchiors et al. (2000). Nesse modelo, são incluídos somente dois parâmetros onde Q é a quantidade de pedido, r é o nível crítico e este deve ser igual ao nível de reordenação. Segundo estes autores, o modelo é mais simples que o apresentado por Melchiors et al. (2000) e de fácil implementação.

3.4 ASPECTOS GERENCIAIS DE INVENTÁRIOS DE MANUTENÇÃO

Um tópico pesquisado frequentemente dentro do assunto controle de estoque é a segregação de clientes, isto é, classes distintivas de clientes, dando-lhes serviços diferenciados. Este tópico não aparece em várias revisões nesta área, por exemplo, Veinott (1966), Chikin (1990), Porteus (1990) e Lee e Nahmias (1993). Todos os documentos listados só consideram um tipo de clientes.

Porém, Dekker (1998) faz um estudo de caso de controle de estoque de peças sobressalentes de movimentos lentos em uma grande planta petroquímica, que lhe solicitou um estudo sobre a possibilidade de terem-se *equipamentos críticos determinando níveis de estoque*. Alguns equipamentos em uma planta podem ser bastantes críticos, enquanto outros podem ser quase redundantes. É então surpreendente que muitas vezes um equipamento de alta criticidade faz um papel secundário, na teoria e na prática, na fixação dos níveis de estoque. A criticidade de um equipamento é definida por Dekker (1998) como a importância do equipamento para sustentar a produção de um modo seguro e eficiente. Em uma planta de petroquímica, pode-se distinguir estes equipamentos em vitais, essenciais e auxiliares.

Se peças sobressalentes sempre pertencessem a equipamentos classificados em uma em determinada criticidade, então pode-se classificar sua criticidade como sendo seu próprio nível de serviço ou penalidade de falta de estoque. Nesse caso, estes equipamentos ou peças poderiam ser estudados com modelos padrão. Porém, não é incomum que peças sobressalentes são instaladas em partes semelhantes de equipamentos de criticidades

diferentes. A criticidade de um equipamento é dada em função do uso do equipamento, como por exemplo, em determinados lugares ou aplicações uma bomba pode ser considerada um equipamento crítico e em outro caso um equipamento auxiliar. Se isto acontecer, enfrentamos o problema de manter níveis de serviço diferentes para o mesmo tipo de bomba.

Para simplificar Dekker (1998) assume que é possível distinguir entre dois tipos de demanda, isto é, demanda crítica e não crítica, onde a demanda crítica é originada de falhas de peças instaladas em um equipamento vital, e demanda não crítica de peças instaladas em equipamentos essenciais ou auxiliares. Passa então a propor uma revisão contínua, política de estoque de lote-por-lote com distribuição de Poisson onde alguma parte das peças sobressalentes estão reservadas para demanda crítica. Uma política lote-por-lote é ótima para itens de baixa demanda com alto custo de estoque e armazenagem (Lee e Nahmias, 1993). Reservar estoques para demandas críticas geralmente aumenta o nível de serviço para demanda crítica e diminui o nível de serviço para demanda não crítica.

Dessa forma, Dekker, Kleijn, e Rooij (1998) propõem uma política de estoque onde algumas peças de reposição são tratadas de forma diferenciada por serem originadas de demandas de equipamentos críticos. Essa proposta visa manter um nível de serviço mais elevado para estas demandas, em contrapartida a um tratamento menos rigoroso para as demandas oriundas de equipamentos não críticos.

Esta política foi proposta originalmente por Veinott (1965), e analisada por Topkis (1968), que considerou um sistema de inventário de revisão periódica com zero *lead time* e *n* classes de demanda. Ele dividiu todos os períodos em vários subintervalos, e ao término de cada subintervalo, depois de todas as demandas terem sido observadas, uma decisão de distribuição é tomada do seguinte modo (para o caso de só duas classes de demanda): toda a demanda está satisfeita até que o nível de estoque alcance um valor crítico, depois do qual só a demanda de prioridade alta é satisfeita.

Veinott (1965) observou que "itens são utilizados em vários tipos de equipamento de graus variados de essencialidade" e Topkis (1968) mencionou como um exemplo "uma peça sobressalente que é mais crítica em alguns locais que em outros." Outras contribuições que incorporam classes de demanda diferentes são feitas por Kaplan (1969) e Evans (1968). Ambos assumem isso a alguma data conhecida no futuro onde o estoque será reabastecido.

Kaplan (1969) sugeriu para deixar o nível crítico depender do tempo até o próximo reabastecimento. Esta política foi analisada também por Teunter e Klein Haneveld (1996). Atkins e Katircioglu (1995) consideraram um sistema de revisão periódica onde foram nomeados diferentes níveis de serviço a classes de demanda diferentes. Embora eles desenvolvessem uma distribuição heurística interessante e política de reabastecimento de ordens, eles também não resolveram o problema onde a demanda tem que ser satisfeita diretamente. Nahmias e Demmy (1981) analisaram e aproximaram um modelo de revisão contínua com uma distribuição de Poisson, e eles assumiram que parte do estoque é abastecido de acordo com um tamanho de lote fixo, reordenando a política de ponto de pedido. Eles também incorporaram um *lead time* fixo positivo, mas assumiram que nunca há mais que uma única ordem excelente. Neste caso sabemos que sempre que uma ordem de reabastecimento é disparada, o próximo estoque equaliza a posição de inventário.

Estoques de peças sobressalentes na prática são freqüentemente uma segurança. É importante que os administradores de peças sobressalentes possam garantir altos níveis de serviço para equipamento crítico, porque caso contrário, podem ser criados estoques paralelos, isto é, estoques secretos mantidos fora do sistema de inventário pelos "donos" dos equipamentos críticos. Além disso, o sistema de administração de inventários de peças sobressalentes deve permitir uma reserva crítica que pode ser emitida manualmente por um analista de suprimento.

3.4.1 Modelos e políticas de controle

Uma diversidade de características influenciam no desenvolvimento de modelos de controles operacionais para peças sobressalentes como uma base por apoiar o planejamento e projetar um sistema logístico de peças de reposição. Segundo Huiskonen (2001), quatro características de controle destes itens de manutenção, a saber, *criticidade, especificidade, padrão de demanda, e valor*, são fundamentais em termos dos efeitos destes nos elementos dos sistemas logísticos para peças de reposição, os quais são estruturas de rede, posicionando materiais, responsabilidade de controle e princípios de controle. Partindo desse princípio, Huiskonen (2001) argumenta que políticas operacionais distintas podem ser utilizadas para tipos diferentes de peças sobressalentes.

As exigências de planejamento de logística de peças sobressalente diferem estes inventários de outros tipos de materiais de vários modos: os níveis de serviço exigidos são mais altos devido aos possíveis fortes efeitos financeiros que podem impactar a produção devido à falta de estoque destes itens; a demanda por peças sobressalentes pode ser extremamente esporádica e difícil de prever; os preços de peças compradas individualmente podem ser muito mais altos. Por outro lado, materiais e tempo de pulmões em cadeias de suprimentos e em sistemas de produção estão diminuindo. Estas características fixaram pressões por agilizar os sistemas logísticos de peças sobressalentes.

As pesquisas relativas à logística de peças sobressalentes podem incluir vários tópicos diferentes, como por exemplo, manutenção e confiabilidade, produção e controle de estoque, gerenciamento da cadeia de suprimentos e alguns aspectos de estratégias de administração.

A pesquisa sobre logística de peças sobressalentes normalmente é relacionada com pesquisas de administração de inventários gerais. Algumas vezes, porém, a administração de inventários de peças sobressalentes é considerada como um caso particular de administração de inventário geral com algumas características especiais, como baixos volumes de demanda. O objetivo principal de qualquer sistema de administração de inventário é alcançar nível de serviço suficiente com investimentos e custos administrativos adequados. Para este propósito e para as numerosas condições operacionais específicas, um grande número de modelos de administração de inventários foi desenvolvido durante as últimas décadas.

Modelos matemáticos são largamente empregados para otimizar o problema de investimentos em inventários e níveis de serviço, enquanto considerações de eficiência administrativa conduzem a tipos diferentes de classificações de materiais de peças de reposição dentro dos inventários. Nesse sentido, sistemas computacionais eficientes se encarregam em executar a modelagem, enquanto os administradores passam a definir os parâmetros de controle, alocação de recursos, tomam decisões de compra e pensam em políticas diferentes para os diferentes tipos de materiais. Nesse contexto, a classificação das peças de reposição dentro do inventário se torna fundamental para a discussão e análise da cadeia de suprimentos.

Talvez o mais conhecido e conseqüentemente o mais utilizado esquema de classificação logística de materiais em inventários é a classificação ABC, de acordo com o princípio Pareto. É de fácil utilização e aplicável à administração de inventários de materiais que tem natureza

razoavelmente homogênea e se distinguem principalmente por preço unitário e volume de demanda. Dessa forma, a análise ABC é bastante popular entre os administradores de inventários, pois num primeiro momento concentra seus esforços nos parâmetros de controle sem a necessidade de análise mais específica dos itens. Porém, à medida que as características e necessidades de controle vão aumentando, uma classificação ABC "unidimensional" não atende todas as exigências de controle para os diferentes tipos de materiais, como a criticidade operacional do material, por exemplo. Fuller (1993), por exemplo, utilizou para casos de aplicação em distribuição física, uma classificação considerando seis fatores distintos de materiais para criar grupos de produtos e assim diferenciar operações de distribuição.

3.4.2 A cadeia de suprimentos dentro do contexto de sobressalentes

O desenho do processo logístico de uma companhia certamente não pode ser definido de forma isolada, sem levar em conta as numerosas ligações com os outros processos dentro da própria companhia ou, de fato, com outros participantes na cadeia de suprimento (HUISKONEN, 2001).

Há vários modos possíveis de se descrever desenhos de sistema de processos logísticos, e podem ser usadas diferentes abordagens, dependendo da ênfase e dos propósitos do estudo. Uma abordagem bastante simples e geral é usada aqui para prover a base para discussão neste estudo particular. A figura 1 ilustra o que pode ser considerado como os elementos básicos que constituem qualquer estudo de sistemas de logística.

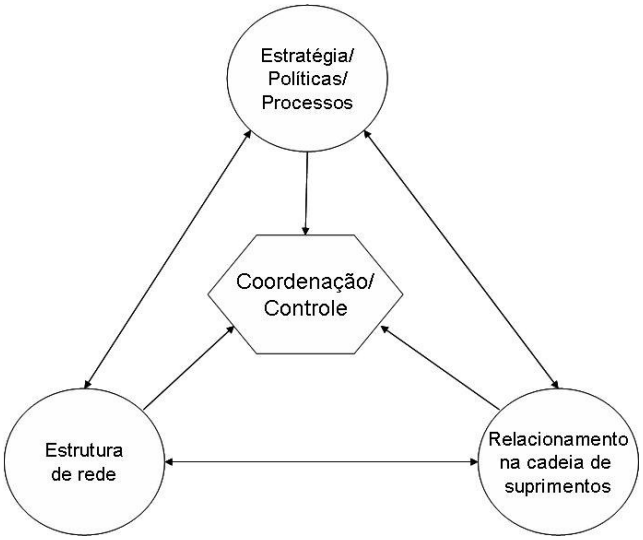


Figura 1: O desenho do processo logístico, a*daptado de Huiskonen (2001)*

Estes quatro elementos – *estratégia/políticas/processos, estrutura, relações, e coordenação/controle* - devem ser considerados durante análises e decisões de planejamento. Tradicionalmente, as visões de clientes e fornecedores dentro de uma cadeia logística tendem a ser diferentes. Porém, o papel do sistema de logística deve ser o de ligação entre as partes da cadeia de suprimentos, enfatizando-se a necessidade de um planejamento colaborativo. Dessa forma, deve-se utilizar a mesma estrutura para estudar os requisitos de ambas as partes, cliente e fornecedores do sistema.

Do ponto de vista do fornecedor o elemento *estratégia/políticas/processos* descreve, por exemplo, que níveis de serviço serão oferecidos e que tipo de clientes serão segmentados e priorizados em termos de serviço. Neste sentido, outro exemplo são se as entregas a determinado cliente devem ser feitas dentro de 24 horas ou tenha que se estabelecer um esquema de serviços de emergência. Conseqüentemente, a questão aqui será que tipo de sistema de distribuição deve ser utilizado para apoiar as possíveis estratégias, como diferenciação de serviço para cada segmento de cliente.

Para o cliente, a preocupação principal é a manutenção de seus equipamentos, a disponibilidade segura das peças de reposição e a qualidade, com custos razoáveis. Isto inclui os processos de comparar e selecionar os fornecedores e decidir as estratégias de fornecimento.

A *estrutura de rede* é o elemento que define o número de escalões de inventário e os locais a serem usados no sistema. Assuntos estruturais são considerados tipicamente só por uma das partes da cadeia (normalmente o fornecedor, ou um fornecedor de serviços de terceiro). Porém, como os locais podem ser próprios, e podem ser gerenciados ou controlados pelo cliente ou pelo fornecedor, um planejamento colaborativo do uso deles dever ser feito. Por exemplo, sistemas que utilizam VMI (*vendor managed inventory*) ou JIT (*just-in-time*) estão baseados em uso de cooperação entre as partes, do administrador das instalações do "dono" dos recursos. A decisão do desenvolvimento da rede esta diretamente ligada à própria estrutura, e as partes devem considerar isso juntas.

A *administração de relações* entre as partes na cadeia de suprimentos está se tornando um dos aspectos mais importantes de planejamento da cadeia. Aqui consideram-se aspectos tais como grau de cooperação, responsabilidades de controle, bem como compartilhando os riscos entre as partes. Em vez das relações distantes entre os membros da cadeia, podem ser empregadas uma variedade de relações cooperativas.

Finalmente, todos os três elementos têm um efeito sobre que tipos de mecanismos de *coordenação e controle* apoiariam melhor os objetivos do sistema de logística. A coordenação e controle são elementos que incluem decisões sobre os princípios de controle de estoque, métricas de desempenho e sistemas de incentivo, bem como sistemas de informação para implementação dos procedimentos de controle. Por exemplo, em sistemas de inventário multi-escalão, as informações devem estar prontamente disponíveis para o nível acima das partes da cadeia. Além disso, os processos de controle e coordenação dentro de algumas organizações nem sempre estão baseado em sistemas formais e rígidos, mas freqüentemente são alcançados através de meios mais "leves" e informais, baseados em confiança e compromisso entre as partes.

Os elementos aqui discutidos estão fortemente relacionados entre si e deveriam ser considerados simultaneamente em planejamento estratégico de logística. Colaboração entre cliente e fornecedor (e possíveis outras partes) é necessário quando se projeta o sistema, e a importância de se compartilhar informação abertamente é crucial para administrar efetivamente a cadeia de suprimento internamente dentro da companhia.

Há vários fatores que afetam o resultado dos sistemas logísticos. Em termos gerais, enquanto estamos projetando um sistema de logística, normalmente, pelo menos os seguintes fatores têm que ser considerados: características específicas de produto, situação competitiva no mercado, as exigências especiais de clientes, os recursos dos fornecedores e compromissos. Na seqüência veremos principalmente os efeitos das características específicas de peças sobressalentes de manutenção no desenho de sistemas logísticos. Esta é uma analise de características operacionais genéricas de peças sobressalente em termos do efeito destas na estratégia de serviço e políticas relacionadas, estrutura de demanda e entrega, relações na cadeia de suprimentos e sistemas de controle de estoque. Estas observações têm que ser completadas através de informações específicas para cada contexto quando aplicado a uma situação de planejamento em diferentes plantas.

3.4.3 Características de controle operacionais de peças sobressalentes de manutenção

Como discutido anteriormente, há necessidade de categorização mais específica de peças sobressalente de manutenção originadas nas mais variadas exigências de controle, quer dizer, os diferentes efeitos destas nas características do sistema de logística. A seguir, baseado na expressão dos elementos gerais que compõe o desenho de um sistema logístico (Figura 1), um sistema de logística de peças sobressalente é caracterizado com respeito aos seguintes elementos: estrutura de rede de inventários na cadeia de suprimentos, posicionamento destes materiais nesta rede, responsabilidade de controle no sistema, e princípios usados para administração de fluxo de materiais.

Para descobrir as características de controle mais importantes, temos que analisar os efeitos de diferentes características de controle nos diferentes elementos do sistema de suprimento, e encontrar as características mais distintivas entre os itens de peças sobressalente de manutenção. Então, podemos projetar as políticas operacionais para as combinações relevantes de características de controle. Para manter o trabalho de desenvolvimento gerenciável, o número de categorias de itens de peças sobressalente de manutenção deve ser reduzido apenas aos mais relevantes. Começaremos analisando as características de controle mais relevantes: criticidade, especificidade, demanda e valor.

A *criticidade* de um item de manutenção provavelmente é a primeira característica destacada pelos participantes de um sistema logístico de peças sobressalentes quando se fala sobre características específicas de um item. A criticidade de um item está diretamente relacionada às falhas no processo causadas pela falta do item e às suas conseqüências, pois no caso de uma substituição, se este sobressalente não está prontamente disponível, este componente pode ser visto como uma parte crítica do processo.

O impacto da falta de um item crítico pode ser exponencialmente maior que seu valor comercial, o que faz com que, por exemplo, uma ferramenta de controle como a análise ABC seja insuficiente. Há uma quantia substantiva de critérios subjetivos usados para avaliar a criticidade das peças sobressalente de um equipamento (COHEN et al, 1997). Teoricamente, estas peças podem ser avaliadas pelos custos de tempo de manutenção que sua falta causa no processo, embora seja freqüentemente muito difícil de determinar isso na prática. Porém, uma determinação exata não é necessária, visto que para propósitos práticos é suficiente determinar alguns graus de criticidade.

Uma situação prática é relacionar a criticidade ao tempo no qual a falha tem que ser corrigida. Por exemplo, poderiam ser determinados três graus de criticidade de processo nesta base: (1) a falha tem que ser corrigida e os sobressalentes deveriam estar disponíveis imediatamente, (2) A falha pode ser tolerada com arranjos temporários durante um curto período de tempo no qual o sobressalente pode ser disponibilizado, (3) A falha não é crítica para o processo, e pode ser corrigida mais tarde em um período mais longo de tempo, quando houver disponibilidade de peças sobressalentes.

Usar a dimensão de tempo como uma medida de criticidade torna mais fácil a consideração dos sistemas de controle, por exemplo, escolhendo entre a disponibilidade imediata do material ou tempo de espera de chegada do item. Também provê um senso comum entre o usuário e o fornecedor para estabelecer os objetivos e controlar o desempenho de operações.

Outros aspectos de criticidade não são aqui descritos, como às conseqüências de uma falha por *stockout*, mas existem várias possibilidades para controlar a situação, e conseqüentemente estas poderiam ser chamadas “criticidade de controle”. Estes incluem previsibilidade de falha, disponibilidade de fornecedores de peças sobressalente, *lead-times*, etc. Eles podem ser

levados em conta na análise quando se acredita serem de importância excepcional em uma situação de controle particular.

Do ponto de vista de controle logístico, o essencial é saber quanto tempo de reação é necessário para atender a demanda, quer dizer, se a necessidade é imediata ou se há algum tempo para operar. Esta dicotomia dita a permanência de um item em estoque ou não, ou seja, se usa um *buffer* de tempo ou um *buffer* de material contra variações em demanda. No caso de necessidade imediata, por exemplo, estoques de segurança locais normalmente são uma solução de abastecimento, mas quando se tem mais tempo, uma opção pode ser operar uma estrutura centralizada de inventário com entregas diretas. Dessa forma, a criticidade de um processo é um fator muito forte para classificar as situações de controle de peças sobressalentes (HUISKONEN, 2001).

A *especificidade* de um item é outra característica de controle específico para peças sobressalente de manutenção. No largo espectro de peças sobressalentes de manutenção existem os itens que chamamos "*standards*", ou padrão, que são extensamente usados por muitos usuários e conseqüentemente também prontamente disponíveis através de vários fornecedores, e uma certa quantia de itens especificamente fabricados para um usuário particular. Para itens padronizados a disponibilidade é normalmente boa, e dessa forma existem estoques em diferentes fornecedores dentro da cadeia de suprimento, e os fornecedores estão dispostos a cooperar com os usuários, e como os volumes são altos oferecem economias de escala na compra. Já para os itens de fabricação específica para determinado usuário, acontece o oposto: fornecedores estão pouco dispostos a manter estoques destes itens devido ao baixo volume, e a responsabilidade de disponibilidade e de controle resta ao próprio usuário.

O *padrão de demanda* dos itens inclui os aspectos de volume e previsibilidade. Volume de demanda como uma característica de controle é relacionada às economias de escala de operações, e é comum a todos os materiais na cadeia de logística. O que é especial no caso de peças sobressalentes é que existe uma grande quantia de peças tipicamente com uma demanda muito baixa e irregular. Esta característica faz o controle mais difícil e combinada com outras características, como por exemplo, a alta criticidade e alto preço, fazem aumentar a quantidade de ações de segurança necessárias para cobrir situações imprevisíveis. Além disso, baixos volumes de demanda não atraem a atenção dos fornecedores para oferecer qualquer

serviço especial, pelo contrário, a responsabilidade de controle pode permanecer principalmente com o usuário final. Porém, isto é um contraste com as teorias de logística que dizem que baixos volume de itens deveriam ser assegurados na cadeia, isso é, eles deveriam ser mais centralmente localizados.

A *previsibilidade de demanda* está relacionada às falhas que a falta de um item podem causar ao processo e as possibilidades de se calcular os padrões de falha e sua taxas através de meios estatísticos. Do ponto de vista de controle, é útil para dividir as peças sobressalentes de manutenção em termos de previsibilidade em pelo menos duas categorias: peças sobressalentes para atendimento a falhas fortuitas e peças com um padrão previsível de desgaste. A previsibilidade de demanda tem um efeito na escolha do princípio de controle entre abastecer imediatamente ou abastecer no momento da realização do serviço ou manutenção. Especialmente, postergando o movimento do estoque é possível consolidar a demanda e reduzir sua variabilidade.

O *valor* de uma peça sobressalente de manutenção é uma característica de controle comum a todos os materiais, e um alto valor faz da geração de estoques uma solução não atraente para qualquer parte na cadeia logística. Altos valores também forçam as diferentes partes da cadeia a buscar diferentes soluções em detrimento a manutenção de peças em estoque. Porém, se não for uma questão de um item do tipo *make-to-order*, estoques deveriam ser mantidos, e isto seria uma questão de objetivos da organização, poder de negociação e cooperação entre as partes da cadeia de suprimento e também um assunto sobre como os materiais são organizados. Por outro lado, com itens de preços baixos, os arranjos de reabastecimento têm que ser eficientes de forma que os custos administrativos não aumentem desproporcionalmente ao valor dos itens mantidos em estoque. Em geral, o alto valor de um item de estoque favorece a postergação da compra destes materiais na cadeia de suprimentos.

3.4.4 Estratégias para desenvolvimento de logística de peças sobressalente de manutenção

Como descrito anteriormente, existem vários critérios de acordo com os quais situações de controle diferentes podem surgir, e combinando todos estes seriam produzidos uma quantia intratável de classes diferentes de materiais. Isto não serviria ao propósito original desta análise que é clarificar as diferentes exigências de controle e revelar as oportunidades de

desenvolvimento relacionado a eles. Então, na seqüência, serão discutidas as combinações mais importantes de características de controle que oferecem as oportunidades mais distintivas e práticas para desenvolvimento de ações.

Dos critérios discutidos acima, a criticidade e a especificidade dos materiais são dicotomáticas por natureza. Huiskonen (2001) sugere que se tenham apenas dois possíveis critérios para cada. Com respeito à criticidade, os itens são considerados altamente críticos ou de criticidade média. Criticidade alta significa que para a operação a necessidade delas no caso de falha é imediata, e peças de criticidade média permitem algum tempo para corrigir a falha. As peças sobressalentes para equipamentos de mais baixa criticidade, ou seja, aqueles que não possuem grandes restrições de tempo para operações corretivas no caso de falha, não são consideradas por seu baixo impacto. Estas peças não precisam de qualquer atenção específica, mas podem ser controladas através de métodos de logística "*standards*". Em termos de especificidade, as peças são classificadas ou como “padrão” ou “de uso específico”.

Os outros dois critérios, isto é, o *volume de demanda* e *valor das peças*, são considerados por natureza mais contínuos e os efeitos deles são controlados dentro das categorias determinadas por criticidade e especificidade. Embora contínuos, volume e valor serão referidos também através de expressões discretas, como baixo e alto, nesta discussão qualitativa.

Considerando peças sobressalentes de alta especificidade, estas normalmente são especiais e ordenadas pelo princípio de *make-to-order*, então os *lead-times* para estas são prolongados. Em geral, os preços delas tendem a ser relativamente altos e os volumes baixos e esporádicos. Nestas condições os fornecedores não estão dispostos a manter um estoque para assegurar as necessidades especiais de um usuário. Então, as alternativas básicas para o usuário são aceitar a situação de *stockout* ou manter seu próprio estoque de segurança, embora isto incorra em um considerável custo de estoque. Estoques de segurança são necessários para todas as peças de manutenção em que os *lead-times* são mais longos que o tempo tolerável em uma situação de *stockout* no caso de falha.

Nesta situação de controle, a principal meta para desenvolvimento é achar uma solução que reduza os *lead-times* e faça o reabastecimento mais seguro. Uma possível estratégia de desenvolvimento é desenvolver um fornecedor de confiança que se especialize na fabricação das peças especiais para o usuário. Tendo desenhos e ferramentas disponíveis para os

propósitos do usuário, o fornecedor poderia fabricar e entregar as peças especiais com *lead-times* mais curtos quando necessário, e poderia dar algum tipo de prioridade para as ordens deste cliente. Isto diminuiria a necessidade do usuário manter estoques de segurança de custo mais elevado. Este tipo de parceria pode ser desenvolvido em uma cadeia de suprimento entre uma grande companhia e um fornecedor local menor, que obteria uma parte consideravelmente grande das ordens de compra desta companhia maior.

A situação relativa a peças padronizadas é diferente. Este negócio é mais atraente aos fornecedores e companhias de terceiro nível, e então há normalmente vários fornecedores e clientes para essas peças, o que significa que a disponibilidade é maior, e os *lead-times* mais curtos.
Comparado com peças especiais, há opções mais estratégicas disponíveis para desenvolver o processo logístico. No caso de peças padronizadas, diferentes situações de controles logísticos surgem com respeito à criticidade das peças para o processo (por exemplo, o tempo de tolerância a situação de falta de estoque no caso de falha).

Para peças de criticidade alta (de necessidade imediata em nossa terminologia) o usuário deve manter tipicamente um pequeno estoque local de segurança para garantir a disponibilidade. Porém, como as peças são padronizadas, isto é, usadas também por outros clientes, os fornecedores estão mais prontos para prover, e oferecer serviços especiais, como entregas em 24 horas ou entregas mais rápidas. Este tempo reduzido de entrega é uma alternativa estratégica nesta situação de controle, que pode reduzir consideravelmente a necessidade do usuário de manter estoques de segurança mesmo quando a criticidade do item é alta. Esta estratégia pode ser implementada tipicamente usando uma empresa especializada em serviço de peças sobressalentes ou no uso de operadores logísticos, com procedimentos e reputação suficientes para garantir o nível de serviço necessário. Essa alternativa é aplicada especialmente para peças de alto valor com padrão de demanda baixo e irregular.

Nos casos de extremamente baixo volume de peças, outra estratégia pode ser mais viável. Quando usuários de uma mesma peça de alto valor estiverem situados relativamente próximos, uma cooperativa de "*pool*" de estoque pode ser criada para assegurar o estoque de segurança necessário (talvez uma unidade) nas premissas de um usuário para propósitos comuns. Com este arranjo, demandas esporádicas de usuários individuais são consolidadas de modo a aliviar o peso dos custos de apenas um deles possuir um estoque de segurança, o que

está mais justificado. Para ser operacional, este esquema precisa de meios práticos, rápidos e seguros para se transmitir informação. Para este tipo de "centralização virtual", onde o estoque de segurança fica na verdade fisicamente descentralizado, aplicações baseadas na internet provêem soluções viáveis. Por exemplo, indústrias de papel na Finlândia começaram a utilizar sistemas baseados na internet para "*pools*" de cooperativas regionais para peças de baixo volume e alto valor (HUISKONEN, 2001). Peças de baixo valor podem ser abastecidas com seus próprios estoques de segurança, e assim podem ser mais desejáveis por não amarrarem significativamente capital da companhia.

No caso de peças de criticidade média (onde existe ainda tempo para operar), a necessidade do usuário por segurar estoques locais para abastecimento é reduzida. Conseqüentemente, o critério se torna o de eficiência econômica nas operações de reabastecimento da cadeia de suprimentos. Isto provoca uma opção no usuário de empurrar o estoque para trás na cadeia, para o fornecedor de material ou prestador de serviços. Esta estratégia está baseada em economias de escala alcançadas com a consolidação de baixos volumes na cadeia de suprimentos, e postergando os reabastecimentos de itens de alto valor para o momento em que realmente são necessários. Então, para o usuário, esta estratégia é especialmente voltada para peças de alto valor e baixo volume.

Como o valor de peças fica mais baixo, a necessidade para práticas simples de reabastecimento é enfatizada. Porque o capital comprometido não é significante, lotes de reabastecimento podem ser relativamente grandes. Ordens podem ser geradas automaticamente por computador, baseado em sinais de ordem predeterminados.

Em algumas situações, um fornecedor pode assumir a responsabilidade de controlar o processo inteiro de reabastecimento (por exemplo, VMI, onde o fornecedor administra o inventário do cliente).

As estratégias de desenvolvimento supracitadas servem como diretrizes nas situações de controle definidas e têm que ser ajustado às condições especiais de cada caso particular. No final das contas, esforços de desenvolvimento contínuos têm que ser feitos para diminuir a especificidade e criticidade das peças e intensificar a coordenação na cadeia de suprimentos para diminuir a necessidade de estoque de segurança locais excessivos.

Como diretrizes para implementação das situações apresentadas para situações na vida real, são enfatizados os pontos seguintes (HUISKONEN, 2001):

a) As interconectividades dos elementos básicos em um sistema logístico (como apresentado na figura 1) deveriam ser entendidos para se alcançar uma aproximação entre a cadeia de suprimentos e o planejamento;

b) Algumas características de controle relevantes mais pertinentes às peças deveriam ser selecionadas, e seus efeitos nos elementos do sistema logístico deveriam ser analisados;

c) Como resultado, enquanto levando-se em conta as condições de situações específicas, algumas categorias distintas de situações de controle deveriam ser formadas, com estratégias e políticas operacionais relacionadas a elas;

d) Esforços contínuos deveriam ser feitos para identificar as características mais restritivas do sistema (por exemplo criticidade e especificidade das peças, sistemas de informação antiquados, relações de cooperativas pouco desenvolvidas, etc.) e ajustar as estratégias, políticas e processos para corresponder com as condições alteradas.

Os avanços em pesquisa de inventário tornaram possível levar suposições mais realísticas em conta na modelagem de inventários. Porém, estas pesquisas mostram que não é fácil de transferir estes resultados nas práticas administrativas. Embora os complexos modelos possam ser "escondidos" por detrás de softwares de computador, a maioria dos gerentes não se sente confortável se eles não entenderem em o que os resultados específicos dos modelos estão baseados. A abordagem qualitativa utilizada aqui relaciona esta prática e tenta aumentar a compreensão da situação do problema em lugar de fornecer soluções específicas.

Este tópico direcionou a questão de administração logística de peças sobressalentes discutindo os princípios básicos que afetam as escolhas estratégicas e políticas relacionadas nesta área. O objetivo principal é enfatizar a necessidade de diferenciar as políticas entre tipos diferentes de peças sobressalentes como também revelando as ligações entre as características de peças e os elementos do sistema logístico. Enfatizar a necessidade para incluir os aspectos da cadeia de suprimentos inteira na análise e aumentar a colaboração entre as partes envolvidas para planejar as fases também é de grande importância.

3.5. ESTOQUE BASE APLICADO À GESTÃO DE MATERIAIS DE MANUTENÇÃO

Através de um artigo intitulado "O SISTEMA DE ESTOQUE BASE APLICADO À GESTÃO DE MATERIAIS DE MANUNTENÇÃO", Carlos Alberto Vilchez Viceconti apresentou em 1982 no III Encontro Nacional de Administração de Material da ABAM, realizado na Bahia seu trabalho, onde expõem os alicerces para utilização do sistema de estoque base para materiais de manutenção, partindo dos pressupostos enunciados a seguir.

Conforme descrito por Viceconti (1982), o sistema de estoque base consiste na definição de uma "quantidade base" para o estoque. A cada retirada de um item do estoque, automaticamente um pedido de compra é gerado para repor a peça requerida. Teoricamente, para este sistema, o *estoque base* é igual a soma da quantidade disponível em estoque mais o pedidos de compra em andamento para o item.

Conforme visto anteriormente, as peças de reposição de manutenção possuem uma demanda aleatória e infreqüente. Devido a esse fato, as peças sobressalentes de manutenção tornam inviável a formação de lotes para pedidos de compra. Normalmente os materiais de manutenção apresentam esse comportamento, por isso o sistema de estoque base descrito no parágrafo anterior é indicado para esta categoria de itens.

Para se definir as quantidades do *estoque base*, é necessário definir primeiro o *nível de atendimento*, ou seja, a probabilidade de atendimento pelo estoque à solicitação de um material, ou o inverso, que seria a probabilidade da falta. Essa probabilidade é convertida num período de tempo determinado no qual se estipula a falta do material. Esse período de tempo equivale ao intervalo entre faltas consecutivas. Conseqüentemente, para um mesmo *nível de atendimento*, aumentando a *média de requisições* para determinado item, o período de tempo estipulado entre faltas diminui. Dessa forma, uma vez fixado o período de tempo entre as possíveis faltas e possuindo-se as informações da média das requisições para o item, calcula-se o nível de atendimento.

Baseado nesse raciocínio, Viceconti (1982), a partir das fórmulas enunciadas abaixo, desenvolveu tabelas previamente calculadas (anexos 01 a 12), na qual ele apresenta diversos intervalos entre faltas previstas de material relacionados com diversas médias anuais de requisições, podendo-se encontrar diretamente via tabela o nível de atendimento desejado.

Considere que a demanda de uma dada peça de reposição segue uma distribuição de Poisson. Esta distribuição apresenta a seguinte função de probabilidade:

$$P(X = n) = \frac{\lambda^n e^{-\lambda}}{n!} \tag{0.1}$$

Nesta expressão $P(X = n)$ é a probabilidade da variável aleatória X ser igual a n dado que a média da distribuição é λ. Considerando uma demanda anual k e um tempo de reposição T, expresso em anos, tem-se que a demanda média no período de reposição é dado por $\lambda = kT$.

Assim, considere que a política é manter um estoque base, digamos de B peças de reposição, e sempre que uma peça for tirada deste estoque, um novo pedido é realizado para repor a peça consumida. Desta forma, para que haja ruptura no estoque de peças de manutenção é necessário que, durante o período de reposição T, as $B-1$ unidades que permaneceram estocadas sejam todas requisitadas, e que além destas pelo menos uma unidade adicional seja demandada. Em outras palavras, se durante o período de reposição de uma peça qualquer a demanda for menor ou igual a $B-1$ peças, não haverá ruptura no estoque de peças sobressalentes.

A probabilidade desta ruptura não ocorrer, portanto, considerando que a demanda média durante o período de reposição é de $\lambda = kT$, pode ser calculada por:

$$A = P(X \leq B-1) = \sum_{n=0}^{B-1} \frac{(kT)^n e^{-(kT)}}{n!} \tag{0.2}$$

Na expressão acima, A é denominado de nível de serviço.

Viceconti propõe uma função aproximada, mais simples de ser calculada, que se aplica aos casos de interesse nos quais o nível de serviço é bastante elevado. A expressão proposta por ele é a seguinte:

$$A = 1 - \frac{(kT)^B}{B!\, E_B(kT)} \tag{0.3}$$

onde:

$$E_B(kT) = \sum_{n=0}^{B} \frac{(kT)^n}{n!} \tag{0.4}$$

Esta fórmula aproxima-se da expressão quando $kT \to 0$ e $B \to \infty$, como pode ser observado nos exemplos das tabelas seguintes. Nestas condições o valor de A se aproxima da unidade. Esta simplificação na época em que foi proposta tinha sua importância, dado a dificuldade associada ao cálculo de $e^{-(kT)}$. Contudo, na data atual em que se dispõe de ferramentas computacionais, esta simplicação já não é necessária.

Demanda anual (K)	10	
Tempo de reposição (Dias)	180	
B	**Nível de Atendimento (A)**	
	Modelo Exato	**Modelo Viceconti**
1	0,7%	16,7%
2	4,0%	32,4%
3	12,5%	47,0%
4	26,5%	60,2%
5	44,0%	71,5%
6	61,6%	80,8%
7	76,2%	87,9%
8	86,7%	93,0%
9	93,2%	96,3%
10	96,8%	98,2%
11	98,6%	99,2%
12	99,5%	99,7%
13	99,8%	99,9%
14	99,9%	100,0%
15	100,0%	100,0%

Tabela 1 – Valores de nível de serviço para $\lambda = (10 \times 180)/360 = 5,00$

Demanda anual (K)	12	
Tempo de reposição (Dias)	30	
B	**Nível de Atendimento (A)**	
	Modelo Exato	**Modelo Viceconti**
1	36,8%	50,0%
2	73,6%	80,0%
3	92,0%	93,8%
4	98,1%	98,5%
5	99,6%	99,7%
6	99,9%	99,9%
7	100,0%	100,0%

Tabela 2 – Valores de nível de serviço para $\lambda = (12 \times 30)/360 = 1,00$

Demanda anual (K)	3	
Tempo de reposição (Dias)	30	
B	**Nível de Atendimento (A)**	
	Modelo Exato	**Modelo Viceconti**
1	77,9%	80,0%
2	97,4%	97,6%
3	99,8%	99,8%
4	100,0%	100,0%

Tabela 3 – Valores de nível de serviço para $\lambda = (3 \times 30)/360 = 0,25$

Demanda anual (K)	1	
Tempo de reposição (Dias)	15	
B	**Nível de Atendimento (A)**	
	Modelo Exato	**Modelo Viceconti**
1	95,9%	96,0%
2	99,9%	99,9%
3	100,0%	100,0%

Tabela 4 – Valores de nível de serviço para $\lambda = (1 \times 15)/360 = 0,041667$

Viceconti, ainda, apresenta em seu trabalho uma expressão para o cálculo do estoque médio de peças, considerando a política proposta para manutenção de peças sobressalentes. Segundo ele:

$$M = B\frac{D_{B-1}(kT)}{E_B(kT)} \tag{0.5}$$

onde $E_B(kT)$ é calculado por (0.4) e

$$D_{B-1}(kT) = E_B(kT) - \frac{kT}{B}E_{B-1}(kT) \tag{0.6}$$

k = média de requisições

T = prazo de reposição

B = estoque base (em número de requisições)

A = nível de atendimento

M = estoque médio (em número de requisições)

Para estas fórmulas, Viceconti (1982) destaca que foram simplificadas pelo cancelamento dos termos e^{kT}

Baseado nesta política de manutenção de peças de reposição, Viceconti (1982), a partir das fórmulas (0.3) e (0.5) desenvolveu tabelas previamente calculadas (Anexos 1 a 12), nas quais ele apresenta deiversos intervalos entre faltas previstas de material relacionados com diversas médias anuais de requisição, podendo-se encontrar diretamente via tabela o nível de atendimento desejado.

Viceconti (1982) utiliza também outra variável nos cálculos das tabelas que é o estoque médio previsto. Este valor permite a avaliação do investimento requerido e auxilia nos cálculos dos custos de manutenção do estoque. O estoque médio terá sempre seu valor menor que o valor do estoque base, tendo em vista que uma determinada quantidade do material estará em pedido de compras durante uma parte do período.

Continuando a explicitar seu raciocínio, Viceconti (1982) esclarece que para cada valor de estoque base, o cálculo dos valores relativos ao *nível de atendimento* e de *estoque médio* depende simplesmente do *leadtime* e da distribuição de probabilidade da demanda.

Tradicionalmente para peças sobressalentes, onde as requisições tendem a ser aleatórias e de quantidades constantes, Viceconti (1982) conclui que as mesmas obedecem a uma distribuição de Poisson, da qual utiliza suas fórmulas para os cálculos apresentados em suas tabelas. Ele ilustra a utilização destas fazendo uma analogia a teoria das filas, onde as requisições previstas para o estoque base são vistas como postos de atendimento das requisições que chegam e ficam ocupados durante o tempo correspondente ao *leadtime*.

As tabelas calculadas por Viceconti (1982) nos ANEXOS 01 a 12 apresentam prazos de reposição que vão de 30 dias até 180 dias. Para cada uma destas tabelas, de acordo com a *média anual de requisições*, são apresentados os valores de *níveis de atendimento* e *estoque médio* para os diferentes níveis de estoque base, que possibilitam a determinação do *estoque base* mais adequado para cada realidade encontrada.

Viceconti (1982) afirma em seu trabalho que os valores apresentados nas tabelas através dos cálculos efetuados com base na distribuição de Poisson se aplicam com facilidade às demandas de estoques de peças de reposição, uma vez que estas são irregulares. Também uma observação bastante apropriada feita por ele é que a média das requisições deve ser calculada com o maior período em que se possuam dados disponíveis, desde que as condições operacionais que geraram as demandas tenham permanecido em situações normais.

Este modelo proposto por Viceconti (1982) foi o modelo adotado pela TBG – Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil S. A. para gerenciar seus estoques de peças de reposição para manutenção corretiva, sendo este modelo aplicação nesta companhia o objeto do estudo de caso que se segue.

CAPÍTULO 4: ESTUDO DE CASO

4.1 A EMPRESA

A TBG - Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil S.A., é proprietária e operadora, em solo brasileiro, do maior gasoduto da América Latina. São 3.150 quilômetros de extensão, desde a localidade de Rio Grande, na Bolívia, até Canoas, no Rio Grande do Sul. A maior parte, 2.593 quilômetros, fica em território brasileiro, cortando cinco estados e 135 municípios das regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, que representam 75% do PIB nacional. A empresa nasceu de uma associação entre a Petrobras, por intermédio da Gaspetro - Petrobras S.A e outras importantes empresas do setor de energia.

A TBG iniciou suas atividades comerciais em 1° de julho de 1999, quando o gasoduto passou a operar no trecho de Corumbá (MS) a Guararema (SP), transportando gás natural para a Petrobras. A entrega do produto no território brasileiro foi feita inicialmente no estado de São Paulo, em Paulínea e Guararema. Com a inauguração, em março de 2000, do trecho sul do gasoduto, de Paulínea (SP) a Canoas (RS) a TBG entrou em operação plena, desde o Centro-Oeste até o Sul do Brasil, transportando gás natural, pioneiramente, para os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

O Gasbol (Gasoduto Bolívia-Brasil) foi projetado e construído segundo a norma americana ASME B31.8, que é adotada em todo o mundo na concepção de gasodutos de alta tecnologia. Sua tubulação está enterrada a uma profundidade média de 1,0m e sua faixa de servidão tem 20m de largura em território brasileiro.

Com sede no Rio de Janeiro, a empresa opera todo o sistema do gasoduto, através da Central de Supervisão e Controle (CSC), que recebe e transmite informações via satélite. Três gerencias regionais situadas em Campo Grande (MS), Campinas (SP) e Florianópolis (SC) dão apoio à operação.

Na sede, no Rio de Janeiro, os operadores da Central de Supervisão e Controle monitoram, via satélite, o fluxo de gás desde Corumbá, em Mato Grosso do Sul, até Canoas, próximo a Porto Alegre.

Computadores informam permanentemente a movimentação ao longo dos 2.593 km de gasoduto em território brasileiro, fornecendo detalhes sobre o volume transportado, pressão e temperatura do gás ao longo do duto, desempenho das estações de compressão e das estações de entrega.

Toda a operação é controlada remotamente durante 24 horas por dia, através do sistema SCADA. Com base nos dados sobre pressão e vazão fornecidos pelo SCADA, o *software Pipeline Monitoring System* (PMS) gera gráficos e faz simulações, ajudando a detecção pelos controladores de gás de eventuais vazamentos ao longo do duto. O PMS é capaz também de calcular o volume de gás que se encontra no duto, o que garante a confiabilidade do sistema e a segurança da operação.

4.2 A APLICAÇÃO DO MODELO DE SISTEMA DE ESTOQUE BASE NA TBG

Para tornar operacionais os conceitos teóricos apresentados por Viceconti (1982) na fundamentação teórica, a TBG desenvolveu uma metodologia interna baseada nos conceitos de "estoque base" e "revisão periódica".

Esta metodologia está baseada em dois princípios básicos, conforme seguem:

Seletividade: separa os diferentes itens que compõem o estoque de sobressalentes da TBG em categorias relacionadas com o impacto econômico de cada um no valor imobilizado em estoque. Essas categorias são denominadas A, B e C e a separação baseia-se no Princípio de Pareto, conforme a figura abaixo:

Classe	Item	Valor
A	5%	75%
B	20%	20%
C	75%	5%

Figura 2: Princípio de Pareto

Esse princípio determina a adoção de métodos diferenciados de gestão para cada categoria. Na TBG, a determinação foi no sentido de manterem-se em regime centralizado em um

operador logístico as categorias A e B, de modo a obter-se a redução dos níveis de inventário decorrentes da prática de estoques de segurança coletivos, ao invés de estoques de segurança por Unidade Regional.

A principal característica das classes A e B é a de possuírem valor significativo para fins de imobilização em estoque e representarem um quantitativo de itens em torno de apenas 25% do total de itens de sobressalentes necessários à continuidade operacional.

Os itens da categoria C, por outro lado, representam um elevado quantitativo de sobressalentes para manutenção em estoque, possuindo um valor não maior que 5% do total envolvido. Essa categoria tem pouco impacto econômico (5% do valor do estoque), mas acarreta grandes custos de gestão em razão da elevada quantidade de itens. Dessa forma, o foco da gestão dos itens da categoria C está na redução dos custos de gestão, evitando-se compras repetitivas e controles sofisticados.

Importância Operacional: é o que classifica os diferentes itens em estoque (independentemente da categoria A, B ou C) segundo o impacto de sua falta na continuidade operacional dos diferentes equipamentos e instalações da TBG. São os seguintes tipos:

Tipo 1: Fundamental. Sua falta impede o restabelecimento imediato da condição operacional do equipamento, provocando paradas e comprometendo a continuidade operacional, a segurança das instalações, do meio ambiente e/ou a saúde das pessoas. Esses itens possuem custo de falta e nível de serviço elevados;

Tipo 2: Importante. Sua falta não afeta imediatamente a condição operacional e as condições de segurança, meio ambiente e saúde das pessoas, mas pode afetar quando associado à ocorrência de um segundo evento. Custo de falta compensado e nível de serviço ajustado caso a caso;

Tipo 3: Normal. Sua falta não afeta a condição operacional nem as condições de segurança, meio ambiente e saúde das pessoas. Custo de falta e nível de serviços baixos.

Da utilização simultânea desses dois princípios (seletividade e importância operacional) resulta uma classificação combinada que permite formular políticas de gestão de sobressalentes diferenciadas para cada conjunto, como segue:

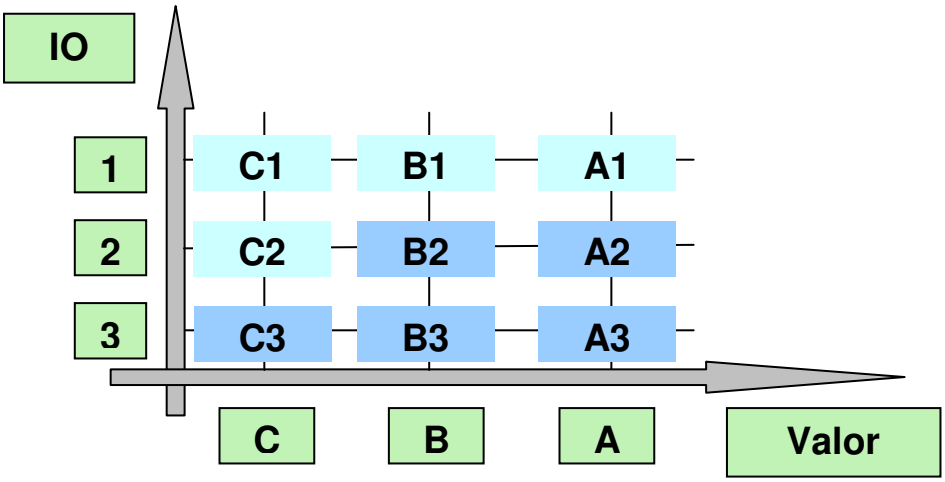


Figura 3: Gráfico da relação Importância Operacional X Valor econômico

Para entender-se claramente o resultado destas duas combinações, seguem-se três exemplos:

Itens A1: são itens de elevado valor em estoque e grande importância operacional. Devem possuir o mínimo de estoque de segurança possível, sem perda da garantia operacional. São os eleitos para acordos de fornecimento com fabricantes no sentido da manutenção de peças em reserva para atendimentos emergenciais. Esses itens devem ser submetidos a processos de controle de estoque e aquisição quase que permanentes.

Itens A3: em razão do seu elevado valor para fins de manutenção de estoque, esses itens, que não possuem impacto operacional, só devem ser adquiridos para atendimento de necessidades específicas. A existência de estoque não é recomendada.

Itens C3: esse grupo de itens tem como característica o seu elevado custo de gestão. São eles que congestionam o processo de aquisição com um quantitativo grande de compras repetitivas. Esses itens são indicados para os famosos contratos "guarda-chuva", ou seja, contratos globais de longo prazo para entrega mediante solicitação direta do usuário. Devem ser evitados todos e quaisquer controles de maior sofisticação.

Assim como em qualquer outra empresa que possua manutenção própria de seus equipamentos, na TBG o problema básico da utilização dos sobressalentes, em suas atividades operacionais, é a manutenção do fluxo de materiais estabilizado. Essa estabilização de fluxo ocorre mediante a manutenção de estoques que atuam como regulador desse fluxo. O exemplo da caixa d'água doméstica ilustra essa idéia de estoque como estabilizador do fluxo de entrada e saída de materiais.

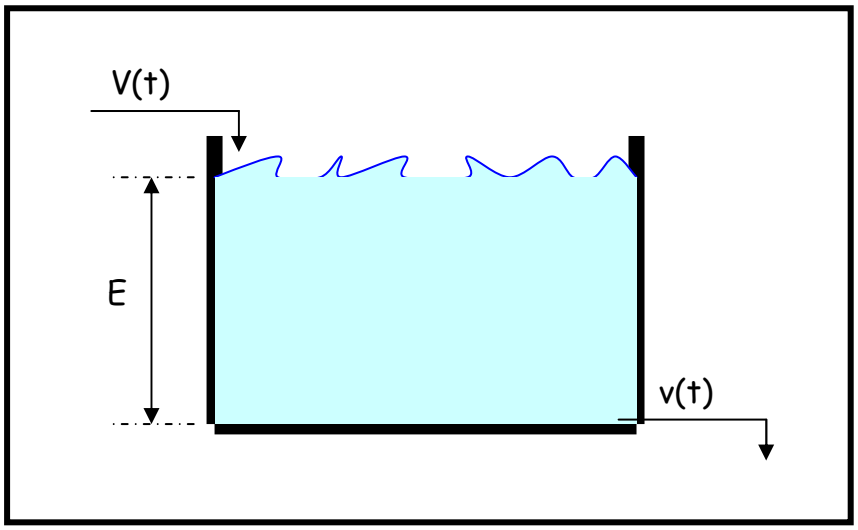


Figura 4: Exemplo da caixa d'água

As necessidades de materiais na TBG são predominantemente itens de manutenção. Esses itens, conforme já visto, tem demanda caracteristicamente incerta ou aleatória. Os tempos de ressuprimento também tendem para a irregularidade. Alguns itens dos equipamentos principais são fabricados para atendimento específico a partir de Ordens de Compra da TBG. Assim, identificam-se tempos médios de ressuprimento que variam entre 60 e 180 dias.

Verifica-se então que a TBG necessita de estoques para atendimento de suas necessidades de material, sobretudo para os itens de manutenção, de modo a garantir o seu suprimento no momento em que as demandas ocorrem.

Com esses conceitos definidos, a TBG desenvolveu uma política interna de gestão de sobressalentes documentada em seu "Sistema Integrado de Gestão" (SGI), chamados de "padrões de execução" (PE) e "padrões de gerenciamento" (PG).

Entre outras definições, algumas das mais importantes são:

a) Terceirização das atividades de logística e armazenagem e a não adoção de almoxarifados próprios nas unidades regionais;

b) Adoção de almoxarifado central para os itens das categorias A e B, com localização também central em relação às unidades regionais, com mecanismo de distribuição rápida para seu consumo;

c) Estoques compartilhados com vistas à adoção de segurança coletiva ao invés de estoques de segurança por unidades regionais;

d) Contabilização direta no custo das entradas de materiais da categoria C e simplificação dos processos de controle e aquisição dos mesmos.

O modelo de suprimento de itens de manutenção está baseado em comitês de gestão por tipo de equipamento ou instalação, conforme detalhes a seguir.

4.2.1 Comitês de gestão de suprimentos

Para organizar a gestão de sobressalentes na TBG, foram criados os "Comitês de gestão de suprimentos".

Estes comitês têm como finalidade gerir de forma compartilhada entre a área técnica e as unidades regionais, a formação e a manutenção de estoques de sobressalentes com base em fatores de custo e segurança operacional. Estes comitês são formados por técnicos, especialistas e facilitadores, divididos por equipamento e/ou tipo de instalação e/ou especialidade.

Inicialmente foram criados cinco comitês:

a) Estação de Entrega de gás;
b) Estação de Compressão de gás, trecho NORTE;

c) Estação de Compressão de gás, trecho SUL;
d) Automação de equipamentos em geral;
e) Genéricos (*Shut Down Valves*, retificadores de corrente, proteção catódica e reparos de emergência).

As funções básicas dos comitês são:

a) Determinar *o que* deve permanecer em estoque estabelecendo as especificações e as classificações preliminares;

b) Determinar *quando* se devem reabastecer esses estoques (periodicidade);

c) Determinar *quanto* de estoque será necessário para atender à demanda nessa periodicidade e que nível de segurança deve ser praticado;

d) Avaliar periodicamente o desempenho do modelo adotado e do planejamento efetuado, de modo a manter os parâmetros atuais ou definir novos para o estoque base;

e) Estabelecer as quantidades do ressuprimento periódico dos estoques;

f) Identificar e recomendar a retirada do estoque dos itens obsoletos, danificados ou inservíveis.

Até aqui foram descritos os conceitos, princípios e sistemáticas de planejamento da formação dos estoques na TBG.

As diferentes categorias de itens em estoque requerem medidas diferenciadas tanto com relação à forma de planejar quanto de controlar. A seguir serão vistas as formas sugeridas ou adotadas de como são feitos os controles desses estoques.

4.2.2 Métodos de controle de estoque na TBG

Na essência, os métodos de controle de estoque têm por objetivo determinar *quando* e *quanto* comprar, seja para aplicação imediata quanto para recompor níveis de estoque.

Adicionalmente, fazem controle dos níveis de segurança do estoque por meio de um parâmetro específico normalmente chamado de *estoque de segurança* ou *estoque mínimo*.

Os parâmetros usuais do *quando* e *quanto* comprar são o *ponto de ressuprimento* (ou ponto de reposição) e a *quantidade de ressuprimento* (ou lote de compra).

A sofisticação dos métodos de controle depende essencialmente da natureza das demandas envolvidas. As demandas programadas das empresas de produção exigem métodos tais como: MRP, KANBAN, JUST IN TIME, etc. Todos têm como finalidade ajustar com a maior precisão possível um dado fluxo de materiais.

Na TBG, foram escolhidas algumas formas de controle já consagradas, conforme abaixo:

a) Método das duas gavetas: Este método é o mais simples para controlar estoques. Por sua simplicidade é recomendável a sua utilização para os itens da categoria C. O estoque dimensionado é armazenado em uma gaveta física ou localização com dois compartimentos distintos. No primeiro compartimento é colocada uma quantidade estimada para o consumo num período futuro (1 semestre ou 1 ano). No segundo compartimento é colocada uma quantidade de material destinada a atender (com folga) o consumo durante um tempo de ressuprimento acrescida de uma quantidade de segurança para atender aumentos de consumo ou atrasos na entrega. Ao retirar a última peça do primeiro compartimento (gaveta vazia) deve ser providenciada a requisição para a reposição do material para consumo em um novo período futuro.

b) Sistema dos máximos e mínimos: Este método é idêntico ao anterior com a diferença de que os compartimentos mencionados neste método são eletrônicos. Um simples sistema de informação (em Excel, Access ou pacotes de mercado) faz o papel da gaveta com os dois compartimentos. Da mesma forma que o anterior é um sistema de bom desempenho para demandas incertas dada a sua imprecisão e a falta de mecanismo para tratamento estatístico da

mesma. Por ter o suporte de uma solução eletrônica, pode-se ampliar o seu uso para outras categorias de material, lembrando sempre essa deficiência relacionada com o tratamento da demanda. A principal vantagem deste método é uma razoável automatização do processo de reposição.

c) Sistema das revisões periódicas: Os dois métodos anteriores tinham como características parâmetros quantitativos para controle de estoque. O método das *revisões periódicas* tem características muito semelhantes aos anteriores, com a diferença de que o seu principal parâmetro é o *tempo*, determinando o intervalo entre revisões. O método funciona a partir da determinação de uma quantidade de material que deverá atender ao consumo durante todo o intervalo entre revisões, acrescida de uma quantidade de segurança para absorver variações de consumo e eventuais atrasos de entrega (variações do tempo de ressuprimento). Uma vez abastecido o estoque com essa quantidade, um novo controle só será efetuado depois de transcorrido o intervalo entre revisões estabelecido (normalmente por equipamento ou instalação). Durante esse tempo, nenhuma verificação é efetuada. Transcorrido o intervalo entre revisões, todos os itens do equipamento ou instalação são verificados e o nível de estoque máximo é restabelecido por meio da emissão de uma requisição de compra com as quantidades de reposição de cada item.

d) Sistema de estoque base: Este método já apresenta certo nível de sofisticação estatística na determinação dos níveis de estoque a serem praticados. Ele considera, estatisticamente:

i) a quantidade de retiradas anuais de cada item;

ii) um intervalo médio entre faltas admitidos a partir de observações históricas;

iii) o tempo de ressuprimento.

Para exemplificar, um item com 6 retiradas estimadas para um ano (critério “a”), crítico para a operação (critério “b” - intervalo entre faltas admitido de 10 anos) e um tempo de ressuprimento longo (critério “c” - 180 dias) deve possuir um estoque base maior, estatisticamente, do que outro para o qual é esperada apenas uma requisição anual, que não apresenta criticidade operacional alta (intervalo entre faltas admitido de 1 ano) e que possui um tempo de ressuprimento curto (30 dias).

Essa é a essência do método, ou seja, associar de forma probabilística as ocorrências de requisições apresentadas ao almoxarifado a uma possibilidade de falta admitida, decorrente de um tempo de ressuprimento curto ou longo.

Uma vez definido o estoque base de cada item, o método consiste em repor cada unidade retirada do estoque no momento de sua saída.

Na TBG, para a gestão dos sobressalentes do estoque centralizado, categorias A e B, foi definida a prática desse método combinado com o das revisões periódicas.

Isso quer dizer que a empresa utiliza o método do estoque base, mas não está promovendo a reposição do estoque a cada saída e, sim a cada reunião do comitê de suprimentos respectivo.

Cabe destacar a fundamental e importante participação dos técnicos da TBG nos comitês de suprimento, nos quais o número de requisições anuais é estimado e o intervalo entre faltas estabelecido. Essas informações são relevantes para o método e a experiência dos técnicos é fundamental no seu estabelecimento.

Para compensar essa reposição não imediata da quantidade consumida, foi adicionado aos tempos de ressuprimento dos itens 3 meses, que é igual a metade do intervalo entre as revisões de estoque promovidas pelos Comitês, que são semestrais.

CAPÍTULO 5: ANÁLISE DO MODELO ADOTADO NA TBG E PROPOSTAS DE ADEQUAÇÃO

5.1 ANALISE QUANTITATIVA (TESTE DE ADERÊNCIA) DO MODELO ADOTADO NA TBG

No modelo proposto por Viceconti (1982), as saídas de material do estoque obedecem a uma distribuição de probabilidade de Poisson. Esta distribuição expressa, entre outras coisas, a probabilidade de certo número de eventos ocorrerem num dado período tempo, caso estes ocorram com uma taxa média conhecida e caso cada evento seja independente do tempo decorrido desde o último evento.

Para verificar se o histórico das movimentações do estoque central da TBG em seu operador logístico segue realmente uma distribuição de Poisson, foi utilizado um teste de aderência pelo método de Kolmogorov-Smirnov.

Testes de aderência são classificados como testes não paramétricos e são utilizados para verificar se uma série de dados segue uma determinada forma de distribuição de probabilidade. O teste de Kolmogorov-Smirnov é usado para decidir se uma amostra vem de uma população com uma distribuição específica, no caso aqui estudado, de uma distribuição de Poisson.

A partir dai, iniciou-se o trabalho de analise através de uma planilha contendo as requisições de saída de peças sobressalentes do estoque centralizado da TBG, conforme exemplos nos anexos 13 e 14.

O número de itens cadastrados no sistema da TBG na data da coleta de dados (setembro de 2008) era de 3.541 itens no momento desta pesquisa. Destes, apenas 940 itens tiveram alguma movimentação no estoque desde o ano de 2002. Passou-se então a filtrar dentre estes os itens com as maiores demandas, separando-se os itens pelos seus códigos.

Uma vez filtrados os itens, agrupou-se as quantidades de requisições de saída por item, e ordenou-se estes itens de forma decrescente, do item com maior quantidade de requisições de saída para o de menor quantidade de requisições de saída.

Destes itens, observou-se através dessa planilha de histórico de movimentações que pouquíssimos tiveram movimentação considerável: 28 itens com movimentações variando entre 4 e 52 requisições, e totais de itens dentro destas requisições variando em 24 e 1030 itens.

Extraíram-se então os cinco itens com maiores movimentações (o que representa em torno de 20% dos itens com maior número de movimentações) como amostras dentre os 28 que apresentavam o maior número de requisições de saída.

Com cada item dos cinco extraídos como amostra, separaram-se as requisições de saída por trimestres. Sendo assim, foram obtidos quatro grupos de requisições por ano, ou seja: grupo 1 (jan/01 - fev/02 - mar/03), grupo 2 (abr/04 - mai/05 - jun/06), grupo 3 (jul/07 - ago/08 - set/09) e grupo 4 (out/10 - nov/11 - dez/12).

Por fim, os cinco itens com maiores movimentações selecionados para a análise foram os seguintes:

Item 20623 – Elemento filtrante;
Item 50073 – Válvula;
Item 50074 – Termopilha;
Item 70026 – Elemento filtrante;
Item 70027 – Elemento filtrante.

A figura que segue apresenta os totais de cada item requisitados por trimestre.

Item 20623		Item 50073		50074		Item 70026		Item 70027	
Trimestre	Quantidade	Trimestre	Quantidade	Trimestre	Quantidade	Trimestre	Quantidade	Trimestre	Quantidade
2003 1	19	2003 1	0	2003 1	-	2003 1	-	2003 1	-
2003 2	35	2003 2	2	2003 2	-	2003 2	-	2003 2	-
2003 3	0	2003 3	0	2003 3	-	2003 3	-	2003 3	-
2003 4	18	2003 4	0	2003 4	-	2003 4	-	2003 4	-
2004 1	0	2004 1	4	2004 1	4	2004 1	-	2004 1	-
2004 2	75	2004 2	0	2004 2	0	2004 2	-	2004 2	-
2004 3	48	2004 3	6	2004 3	4	2004 3	-	2004 3	-
2004 4	57	2004 4	6	2004 4	8	2004 4	-	2004 4	-
2005 1	0	2005 1	0	2005 1	0	2005 1	0	2005 1	0
2005 2	223	2005 2	0	2005 2	0	2005 2	0	2005 2	0
2005 3	0	2005 3	0	2005 3	0	2005 3	0	2005 3	0
2005 4	0	2005 4	22	2005 4	23	2005 4	88	2005 4	71
2006 1	0	2006 1	0	2006 1	4	2006 1	0	2006 1	0
2006 2	0	2006 2	1	2006 2	2	2006 2	0	2006 2	0
2006 3	0	2006 3	0	2006 3	3	2006 3	84	2006 3	56
2006 4	72	2006 4	0	2006 4	3	2006 4	50	2006 4	50
2007 1	12	2007 1	3	2007 1	3	2007 1	0	2007 1	0
2007 2	0	2007 2	0	2007 2	0	2007 2	94	2007 2	84
2007 3	80	2007 3	2	2007 3	9	2007 3	50	2007 3	50
2007 4	49	2007 4	6	2007 4	8	2007 4	96	2007 4	96
2008 1	0	2008 1	3	2008 1	2	2008 1	90	2008 1	83
2008 2	0	2008 2	0	2008 2	0	2008 2	94	2008 2	94
2008 3	0	2008 3	0	2008 3	22	2008 3	192	2008 3	102
2008 4	0	2008 4	0	2008 4	0	2008 4	144	2008 4	240
2009 1	10	2009 1	5	2009 1	0	2009 1	48	2009 1	48

Figura 5: Quantidade de itens requisitadas por trimestre

Os dados apresentados na figura 5 foram então testados através do método de Kolmogorov-Smirnov utilizando-se um *software* de pacote estatístico chamado *Stat Fit*, conforme exemplo do anexo 15.

Os resultados extraídos do *software* rejeitaram para todos os itens analisados através do método de Kolmogorov-Smirnov que os dados observados sejam provenientes de uma distribuição de Poisson.

Assim sendo, o teste de aderência mostra que o modelo empregado pode não estar sendo aplicado corretamente, ou que o mesmo pode não se aplicar a realidade desta empresa.

No próximo subitem, ANÁLISE QUALITATIVA DO MODELO ADOTADO NA TBG, apresenta-se quais os possíveis fatores que levaram a este modelo não estar apresentando um resultado satisfatório com relação ao teste de aderência.

5.2 ANÁLISE QUALITATIVA DO MODELO ADOTADO NA TBG

Conforme visto no item anterior, o teste de aderência pelo método de Kolmogorov-Smirnov não apresentou um resultado satisfatório para o caso estudado, indicando que o modelo proposto por Viceconti (1982) pode não ter aderência a realidade de administração de peças de reposição da TBG.

Nesta etapa do trabalho, será realizada uma análise qualitativa analisando o modelo gerencial adotado, buscando encontrar as possíveis causas do porquê este modelo não estar se adequando a TBG.

No modelo proposto por Viceconti (1982), as demandas de peças de reposição deveriam seguir uma distribuição de Poisson, pois conforme visto anteriormente, tradicionalmente para peças sobressalentes as requisições tendem a ser aleatórias e de quantidades constantes.

Para ele, os cálculos efetuados com base na distribuição de Poisson se aplicam com facilidade às demandas de estoques de peças de reposição, uma vez que estas são irregulares.

Neste caso, para que o modelo de Viceconti seja aplicável, é imprescindível que os itens sobressalentes utilizados para as manutenções planejadas (manutenções preventivas) e itens de reposição de material de estoques descentralizados (nas unidades regionais da TBG) não sejam solicitados ou requisitados do estoque de sobressalentes reservado para atendimento às demandas aleatórias (estoque centralizado do operador logístico).

No entanto, o que se observa na TBG, é que as unidades regionais utilizam o estoque centralizado no operador logístico como fonte de suprimento para abastecer seus estoques locais. Como forma de segurança, estas unidades regionais mantém um pequeno estoque de alguns itens para consumo mais rápido no momento em que a demanda ocorre e, quando este material é utilizado, uma requisição de transferência de estoque é emitida para reposição do item no estoque da regional.

O que acontece é que o estoque centralizado no operador logístico é controlado através do sistema de informática integrado da empresa (ERP), porém os estoques regionais, conforme

visto anteriormente, não são controlados por este mesmo sistema, a exceção da Regional Sul que implementou durante o decorrer desta pesquisa, um projeto piloto para este controle.

Essa atitude de reabastecimento do estoque regional não controlado pelo sistema descaracteriza as demandas ao estoque central como sendo incertas e aleatórias, fazendo com que a curva de demanda dos itens não siga uma distribuição de Poisson.

O mesmo acontece quando peças sobressalentes são requisitadas para atender a manutenções preventivas (manutenções planejadas). Quando estas manutenções acontecem, as peças sobressalentes utilizadas, segundo o que propõe o modelo de Viceconti, deveriam ter sido adquiridas por processos de compras independentes das demandas de manutenção corretivas, pois o modelo por ele proposto visa atender apenas as demandas incertas e aleatórias (que são corretivas) e não as demandas previsíveis e planejadas (que são as manutenções preventivas).

Acredita-se que este é o principal motivo pelo qual as demandas de peças de reposição apresentada pelos registros extraídos do sistema da TBG aparentam não seguir uma distribuição do Poisson, conforme verificado através do teste de aderência.

No capítulo seguinte, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES, serão discutidas alternativas para melhor adaptar o modelo proposto à realidade da TBG.

5.3 PROPOSTAS DE ESTUDOS DE ADEQUAÇÃO

Com base nas análises efetuadas nos itens 5.2, emitiram-se propostas de estudos de adequação do método utilizado na TBG, conforme seguem.

5.3.1 Segmentação de materiais: manutenções corretivas *versus* manutenção preventiva

Conforme visto no capítulo anterior, o modelo apresentado por Viceconti busca atender a demandas de manutenção incertas e aleatórias. Este modelo atende satisfatoriamente as demandas para manutenções corretivas (não planejadas). No caso da TBG, observa-se na prática que materiais que estão armazenados no estoque central do operador logístico são solicitados pelas unidades regionais para reposição de seu estoque local, e não para

atendimento a manutenções corretivas não planejadas. Isso faz com que com que a curva de demanda dos itens não siga uma distribuição de Poisson.

Isso se dá porque nas unidades regionais são mantidos estoques controlados paralelamente ao sistema central da companhia, estoques estes usados tanto para as manutenções corretivas quanto as preventivas.

Para que o modelo proposto por Viceconti possa ter aderência à TBG, os itens armazenados nas unidades regionais deveriam também ser controlados dentro do sistema ERP da empresa, havendo distinção entre os itens para utilização nas manutenções corretivas e itens para atendimento as manutenções preventivas.

No caso do primeiro grupo citado, estes entrariam no modelo de controle proposto por Viceconti, sendo controlados pela utilização combinada do sistema de estoque base com o sistema de revisões periódicas, como já é feito atualmente, e que atenderia a este tipo de demanda.

O segundo grupo, o dos itens de manutenções preventivas, devem ser controlados também via sistema ERP, mas por outro método (máximos e mínimos, revisões periódicas ou estoque base, o que for mais conveniente).

Caso se escolhesse o sistema de revisões periódicas, por exemplo, a um prazo fixado (semanal, quinzenal ou mensalmente), o analista de suprimentos da unidade regional emitiria uma lista com a movimentação dos materiais em seus depósitos e verificaria quais deles devem ser repostos no estoque.

5.3.2 Criação de comitês regionais

No item “4.2.2 Métodos de controle de estoque na TBG” deste trabalho, vimos que as reuniões dos Comitês de Suprimentos são realizadas semestralmente. Sugere-se então que, para implementação da recomendação citada no item anterior, seja efetuado um pequeno aprimoramento na organização dos comitês de suprimentos: a criação de pequeno comitê regional, com periodicidade bimestral ou trimestral, composto pelo analista de suprimentos regional e um técnico de planejamento de manutenção.

Neste comitê, através dos relatórios de movimentação regional de estoques e de posição dos inventários, se definiriam as compras regionais das peças de reposição para equipamentos críticos e para atendimento às ordens de manutenção planejadas.

Posteriormente, na reunião semestral do Comitê Central de Sobressalentes, este determinará as compras conjuntas de peças comuns entre as regionais.

5.3.3 Incorporação dos estoques regionais ao sistema de controle central da empresa

Uma das políticas de administração de estoques da TBG é a "terceirização das atividades de logística e armazenagem e a não adoção de almoxarifados próprios nas unidades regionais".

No entanto, o que se observa na prática é que cada unidade regional tem seu depósito (ou depósitos) e desenvolveu seu próprio sistema informatizado de controle de estoque. Estes sistemas são independentes entre si e independentes do sistema integrado corporativo da empresa.

Outra definição na política de sobressalentes da TBG é a "contabilização direta no custo das entradas de materiais da categoria C e simplificação dos processos de controle e aquisição dos mesmos".

Esta definição acarreta na prática a seguinte situação: ao passo que vão sendo adquiridas peças sobressalentes para compor um estoque regional e a contabilização direta destes materiais vai a custo, estas peças passam a não aparecer mais no sistema contábil da empresa. Além de obrigar os administradores locais de estoques a criar seus próprios sistemas de controle de materiais, a empresa não tem a informação oficial das quantidades em estoque e, pior, do valor de seu ativo em estoque.

Recentemente foram extraídos dados dos sistemas locais de controles de estoque das unidades regionais e constatou-se que, individualmente, cada uma das regionais possuía um elevado valor em seu estoque (não divulgado aqui por critérios de confidencialidade da companhia). Isso demonstra que na prática, ao contrário do que estipula a norma interna da TBG de "não

adoção de almoxarifados próprios nas unidades regionais", cada regional possui uma quantidade considerável de itens e valores armazenados em seus depósitos.

Um projeto piloto de incorporação ao estoque dos materiais não contabilizados na Regional Sul da TBG desenvolvido no decorrer desta pesquisa vem apresentando bons resultados. É uma recomendação da própria companhia de que os demais estoques regionais das gerencias da empresa também sejam incorporados ao sistema central, proporcionando todos os benefícios apresentados no item "5.3.6 A utilização do ERP como ferramenta de controle" deste trabalho.

No entanto, mesmo após estes itens estarem todos incorporados ao sistema da TBG, o seu controle é apenas físico, não sendo este inventário controlado financeiramente.

Neste ponto, recomenda-se uma mudança considerável na política da empresa: a contabilização dos itens classe C armazenados nas gerências regionais. Isso implica na alteração da norma interna da empresa, bem como na contabilidade da empresa.

O benefício direto desta mudança é a geração de informações relacionadas, além da posição física dos inventários, também à posição financeira dos mesmos.

5.3.4 Vincular as listas de peças de reposição aos equipamentos

Uma vez que todos os materiais utilizados na TBG para suas manutenções preventivas e corretivas estiverem devidamente cadastrados no sistema e inventariados em seus depósitos, pode-se passar a vincular dentro do sistema listas de peças sobressalentes cadastradas aos equipamentos.

Essa prática facilita o planejamento das manutenções preventivas, pois quando a preventiva de um equipamento aparecer na lista de programação futura, o técnico de planejamento pode fazer a verificação das listas de peças vinculadas a este equipamento diretamente através do sistema, verificando a existência destas peças em estoque e, caso negativo, providenciando a lista de compra de peças para aquela manutenção.

5.3.5 Utilização do MRP (*Material Requirement Planning* ou planejamento das necessidades de materiais) como ferramenta de planejamento de manutenção

Conforme visto no item anterior, uma vez vinculadas as peças cadastradas no sistema aos equipamentos, listas de peças para manutenções podem ser emitidas verificando a opção de utilização de peças do estoque ou a compra das mesmas.

Esta lista de compras pode ser automatizada adaptando o módulo de MRP do sistema como ferramenta de planejamento de manutenção.

Para que isso seja feito, é necessário um estudo mais profundo do sistema e suas condições de parametrização.

Neste caso, o sistema pode gerar automaticamente, a partir da estrutura de peças vinculadas a estrutura do equipamento cadastrado no sistema, as requisições de reserva de estoque das peças ou requisições de compra.

A maior parte das soluções recomendadas ao modelo de gestão de sobressalentes da TBG descritas neste subtítulo são de fácil desenvolvimento na empresa, mas que se implementadas poderão gerar uma fonte de informações gerenciais, de controle e de planejamento de manutenção e de compras.

5.3.6 A utilização do ERP como ferramenta de controle

Paralelo aos métodos de controle de itens C adotados pela empresa (Método das duas gavetas e Sistema dos máximos e mínimos) foi desenvolvido um projeto piloto de administração de materiais via ERP na Regional SUL da TBG paralelo ao desenvolvimento desta pesquisa.

O intuito deste projeto piloto foi buscar a melhor forma de efetuar a gestão de materiais sobressalentes, especialmente os de classificação econômica C, diretamente no sistema corporativo atendendo aos padrões internos vigentes na empresa. Para isso, foi realizado um trabalho de diagnóstico das condições de gerenciamento dos estoques naquela unidade regional.

Foram estabelecidos alguns passos iniciais, como configurar o sistema ERP para gerenciar materiais de classificação econômica C sem controle contábil, somente com controle físico; identificar, cadastrar e efetuar contagem física dos materiais nos três depósitos da Regional SUL e logo após lançar no sistema os dados de inventário para iniciar o controle dos materiais via ERP.

O primeiro passo para que isso fosse possível foi à customização e parametrização do ERP para receber e movimentar esse tipo de estoque.

Logo após foram realizadas visitas de inspeção aos depósitos, uma vez que estes poderiam não apresentar uma disposição e segmentação física adequada para a contagem dos itens. Nestas prévias os materiais foram separados em três grupos:

a) Materiais inservíveis ou obsoletos (que foram separados e descartados);

b) Sucata e sobras de obras (itens que estão parcialmente danificados, mas que podem ter alguns de seus componentes aproveitados, mas que não serão contados no inventário);

c) Peças sobressalentes de manutenção (itens que foram efetivamente contados no inventário).

A separação dos materiais nestas três categorias só foi possível pela ajuda dos usuários dos depósitos. Eles determinaram o que foi descartado, o que foi reaproveitado sem ser contado (estes foram separados fisicamente dos demais materiais) e finalmente os itens de estoque, que foram identificados e separados dos demais itens.

A preparação prévia do armazém para o período de inventário dos materiais facilitou o serviço de contagem. Os materiais a serem contados estavam segregados daqueles que não seriam contados deixando o fluxo de contagem liberado no depósito.

A contagem de estoque identificou quantidade razoável de itens não cadastrados cuja análise dos mesmos definiu que seria importante incluí-los no controle.

A TBG possui uma empresa contratada para realizar o cadastro de seus materiais dentro de um PDM (padrão de descrição de material). Foram geradas então várias solicitações de cadastramento visando a incorporação dos materiais encontrados ao controle de estoque.

Uma vez que os itens já haviam sido identificados, separados, cadastrados e contados, foram rodadas as atualizações de inventário no ERP.

O resultado deste trabalho foi o sistema ajustado para controle de materiais classificação econômica C, atendendo ao padrão interno da companhia.

É importante dizer que esse controle encontra-se agora na fase de acompanhamento e avaliação para captação de sugestões de melhorias e saneamento de possíveis erros de sistema.

O maior desafio é a manutenção deste sistema, para que o mesmo continue atualizado e gerando informações confiáveis aos administradores de materiais.

Foram desenvolvidas algumas ferramentas no sistema como por exemplo:

a) Relatório de acompanhamento das movimentações de materiais: apresenta ao analista de suprimentos as movimentações dos materiais (entradas ou saídas) por unidade regional, por depósito (no caso da Regional GSUL são três: Araucária, Biguaçu ou Canoas) e por tipo de movimento. Assim o analista de suprimentos pode acompanhar as movimentações dos materiais detalhadamente, conforme tela abaixo.

Lista Processar Saltar Opções Ambiente Sistema Ajuda

Lista docs.material

Material	Texto breve material				Cen.	Nome 1
Dep.	TMv	E Doc.mat.	Item	Dta.lnçto.	Qtd.	UM registro UMR
80059	MODULO FONTE ALIMENT;GE/IC693PWR322E				1040	TBG (Ger Reg Sul)
0002	Z04	6000002918	4	07.02.2008	1-	UN
0003	201	6000002894	6	08.01.2008	2-	UN
0003	701	6000002673	2	19.07.2007	2	UN
0002	701	6000002671	6	18.07.2007	3	UN
80060	MODULO ELET CPU;GE/IC693CPU352DE				1040	TBG (Ger Reg Sul)
0003	201	6000002894	7	08.01.2008	1-	UN
0003	701	6000002673	3	19.07.2007	1	UN
0001	701	6000002670	73	17.07.2007	1	UN
80061	MODULO;GE/IC693PCM311				1040	TBG (Ger Reg Sul)
0002	Z04	6000002915	3	07.02.2008	1-	UN
0003	201	6000002893	1	08.01.2008	5-	UN
0003	701	6000002673	4	19.07.2007	9	UN
0002	701	6000002671	7	18.07.2007	1	UN
80062	MODULO ELETRON;GE/IC693ALG223C				1040	TBG (Ger Reg Sul)
0002	Z04	6000002918	7	07.02.2008	1-	UN
0002	701	6000002671	8	18.07.2007	6	UN
0001	701	6000002670	68	17.07.2007	1	UN
80063	REPARO;FISHER/R119X000A22				1040	TBG (Ger Reg Sul)
0003	701	6000002673	5	19.07.2007	8	UN
0002	701	6000002671	9	18.07.2007	4	UN
0001	701	6000002670	37	17.07.2007	2	UN
80064	MODULO ELETRON;GE/IC693MDL645				1040	TBG (Ger Reg Sul)
0002	Z04	6000002918	6	07.02.2008	1-	UN
0003	202	6000002897	1	08.01.2008	1	UN
0003	701	6000002673	6	19.07.2007	3	UN

Figura 6: Relatório de acompanhamento das movimentações de materiais

b) Relatório de disponibilidade de estoque por centro e depósito: apresenta ao analista de suprimentos os saldos dos materiais por unidade regional e por depósito, mostrando quais os itens estão disponíveis para consumo, conforme tela abaixo.

Lista Processar Saltar Configurações Sistema Ajuda

Exibir estoques em depósito do material

Material	Texto breve material	Cen.	Dep.	Dps	UMB	Utilização livre
80009	CARTAO;DANIEL CONTROL/2-3-3400-005	1040	0001		UN	1
80011	PLACA;DANIEL CONTROL/2-3-3400-007	1040	0001		UN	1
80011	PLACA;DANIEL CONTROL/2-3-3400-007	1040	0002		UN	4
80038	LUBRIFICADOR;PIGNONE/NAC915615100	1040	0001		UN	7
80042	ANTENA P/TELEFONE;NERA/QUFF911906R1B	1040	0002		UN	3
80044	MOLA;PIETRO/2703045	1040	0001		UN	2
80046	CONJUNTO;PIETRO/4900688	1040	0001		UN	1
80046	CONJUNTO;PIETRO/4900688	1040	0002		UN	2
80046	CONJUNTO;PIETRO/4900688	1040	0003		UN	1
80047	REPARO;PIETRO/4901495	1040	0002		UN	1
80048	REPARO;PIETRO/4900631	1040	0002		UN	1
80059	MODULO FONTE ALIMENT;GE/IC693PWR322E	1040	0002		UN	2
80060	MODULO ELET CPU;GE/IC693CPU352DE	1040	0001		UN	1
80061	MODULO;GE/IC693PCM311	1040	0003		UN	4
80062	MODULO ELETRON;GE/IC693ALG223C	1040	0001		UN	1
80062	MODULO ELETRON;GE/IC693ALG223C	1040	0002		UN	5
80063	REPARO;FISHER/R119X000A22	1040	0001		UN	2
80063	REPARO;FISHER/R119X000A22	1040	0002		UN	4
80063	REPARO;FISHER/R119X000A22	1040	0003		UN	8
80064	MODULO ELETRON;GE/IC693MDL645	1040	0003		UN	4
80065	MODULO ELETRON;GE/IC693MDL940E	1040	0001		UN	1
80065	MODULO ELETRON;GE/IC693MDL940E	1040	0003		UN	3
80068	RACK;GE/IC693CHS391K	1040	0002		UN	4
80070	BARREIRA SEGUR ZENER;ELCON/1680-6-S-P-FF	1040	0001		UN	1
80074	REPARO;PIETRO REGULADORA R91	1040	0002		UN	5
80077	TELEFONE;SEMINOVO;NERA/QUFC911925R2H	1040	0002		UN	5
80077	TELEFONE;SEMINOVO;NERA/QUFC911925R2H	1040	0003		UN	1
80081	MEDIDOR VAZAO ROTATIVO;ROMET/G16 STD CTR	1040	0002		UN	1
80083	MEDIDOR VAZAO ROTATIVO;DRESSER/G65	1040	0001		UN	1
80092	FUSIVEL NH;50A;TEE/00NH-RE50A	1040	0001		UN	5
80092	FUSIVEL NH;50A;TEE/00NH-RE50A	1040	0002		UN	1
80094	FUSIVEL NH;36A;TEE/00NH-UR36A	1040	0001		UN	12
80258	ELEMENTO FILTRANTE;FORAIN/E1-5536FZ	1040	0003		PEÇ	38

Figura 7: Relatório de disponibilidade de estoque por centro e depósito

c) Disponibilidade de localização física dos itens nos depósitos: apresenta ao analista de suprimentos a localização física dos materiais dentro do armazém, em determinada unidade regional e determinado depósito, por material. Dessa forma, o usuário pode identificar através do sistema a localização física do material, e pode encontrá-lo facilmente dentro do armazém, conforme tela abaixo.

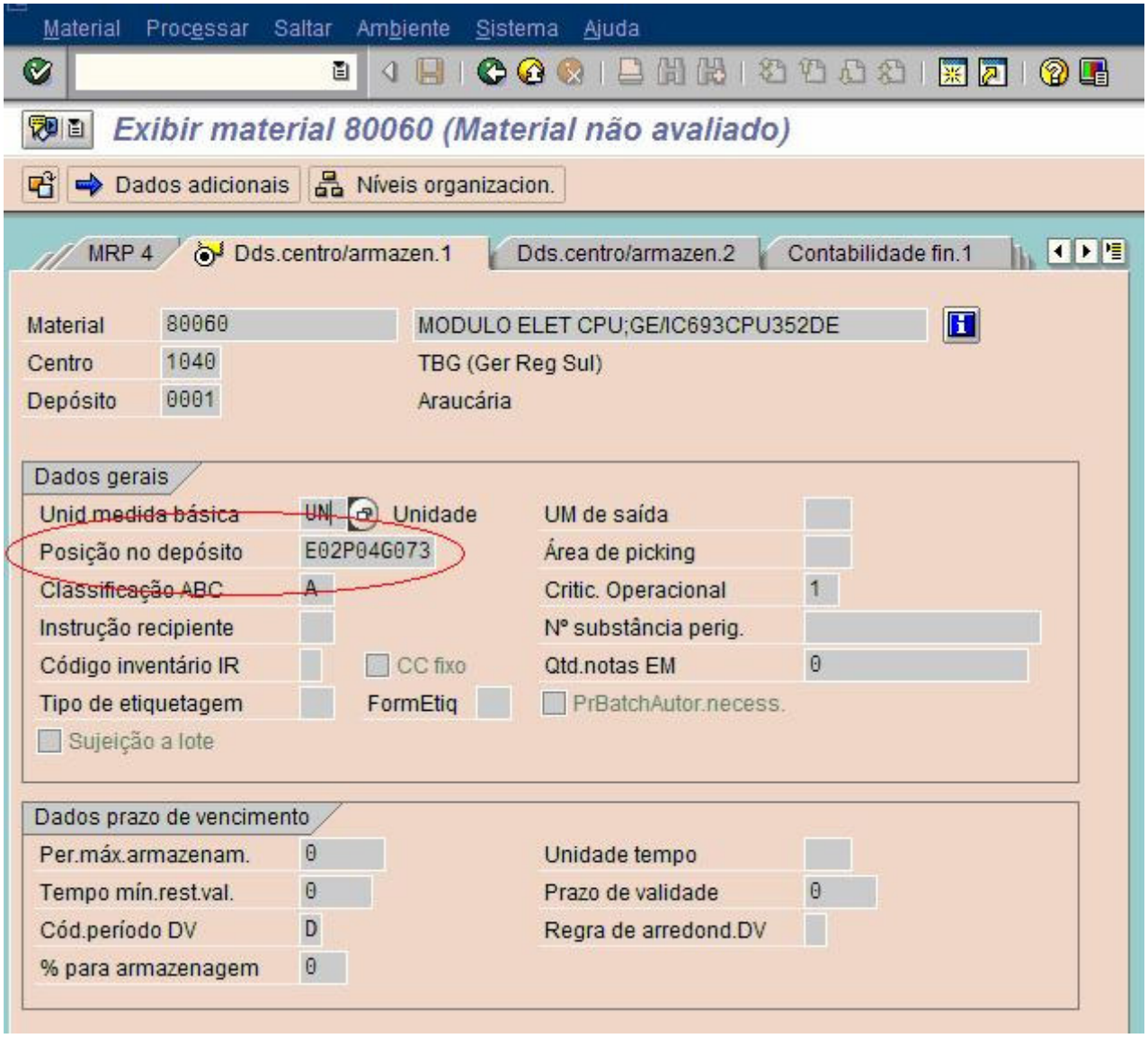


Figura 8: Disponibilidade de localização física dos itens nos depósitos

d) Disponibilidade de impressão de etiquetas com identificação e localização do material: uma vez que cada item de material tem seu cadastro no sistema (por centro e depósito) e possui uma localização física no depósito, o sistema permite a impressão de etiquetas autocolantes, que podem ser colocadas tanto nas prateleiras do armazém como coladas no próprio material armazenado. Atualmente estas etiquetas apresentam os seguintes detalhes:

i) Código SAP;

ii) *Part Number* do material;

iii) Descrição padronizada;

iv) Localização física no depósito.

Assim, uma vez que o usuário localiza a peça no depósito e a leva para o campo, mas por algum motivo não a utiliza, quando este retornar ao depósito pode facilmente recolocá-la em sua posição física no estoque, conforme tela abaixo.

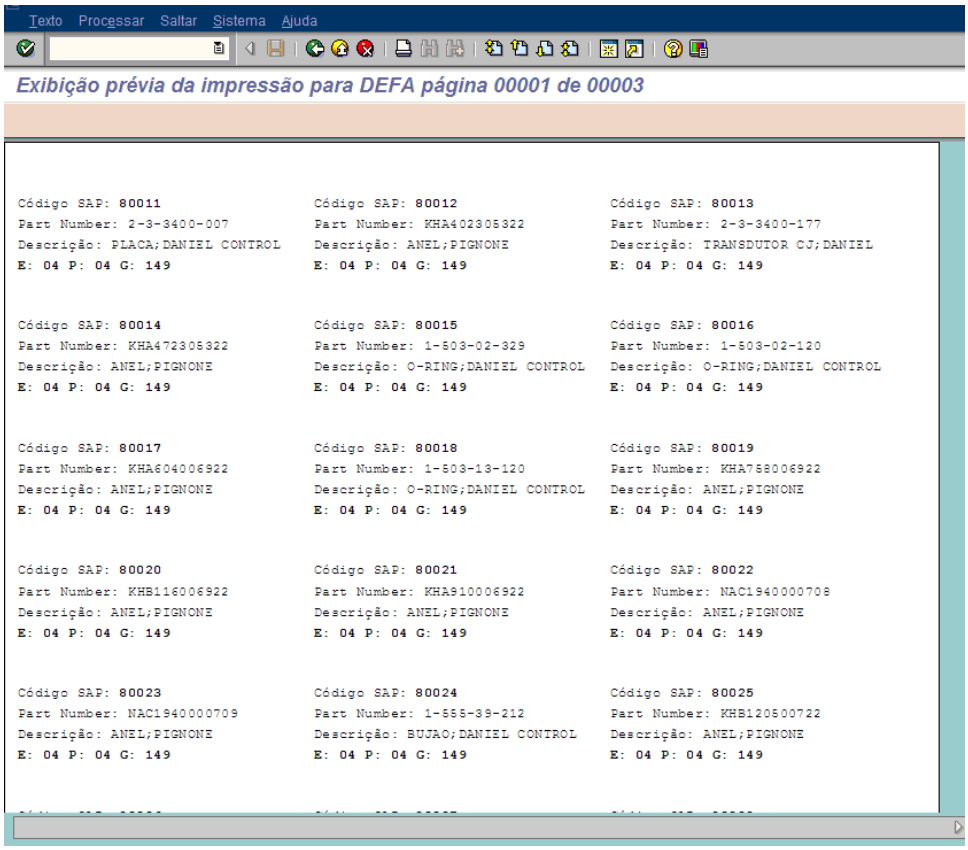


Figura 9: Disponibilidade de impressão de etiquetas

Vale lembrar que o sistema permite a criação ou modificação de outras transações e relatórios de maneira a atender as demandas específicas da TBG.

CAPÍTULO 6: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

Com relação ao objetivo geral deste trabalho, foi descrito o modelo de gestão de estoques de peças de reposição para manutenção da TBG – Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil S.A. e verificou-se a aderência ou não deste modelo em relação à realidade da companhia. Este objetivo foi atingido e o resultado desta análise foi apresentado no capítulo 5, que incluiu ainda propostas de estudos de adequação sugerindo melhorias no processo atual visando à aprimoramento dos procedimentos de manutenção da empresa para um melhor rendimento do modelo.

No que diz respeito aos objetivos específicos, o primeiro destes foi o de descrever o atual modelo de gestão de peças de reposição para manutenção utilizado na companhia. Este objetivo foi alcançado e apresentado no capítulo 4, onde realizou-se o estudo de caso da TBG – Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil – S.A., descrevendo quais são as políticas de gestão de sobressalentes desta empresa.

O segundo objetivo específico foi verificar a aderência do modelo utilizado na realidade da companhia, utilizando o método de Kolmogorov-Smirnov. Nesta verificação realizaram-se testes de aderência e seus resultados foram apresentados no item 5.1 “análise quantitativa (teste de aderência) do modelo de aplicado na TBG”.

No terceiro objetivo específico, teve-se o intuito de diagnosticar pontos de melhoria e propor possíveis alterações na política de gestão de peças de reposição da companhia. Estes foram apresentados através das propostas de estudos de adequação no capítulo 5.

Por fim, no último objetivo específico foi proposto o estudo de uma forma de administração e controle de estoques de peças de reposição unificada na companhia, utilizando processos auxiliados pelo uso de ERP. Este objetivo específico foi apresentado no 5.3.6 “A utilização do ERP como ferramenta de controle”.

6.2 RECOMENDAÇÕES

O objeto deste estudo limitou-se a apenas uma unidade regional da companhia. Recomenda-se que estudos posteriores possam tornar esta pesquisa mais abrangente, sendo estudadas também as demais unidades da empresa.

Segundo apresentado por Viceconti (1982), o método de gestão de estoques utilizando o sistema de estoque base tem aplicação para demandas provindas apenas de manutenções corretivas, ou seja, provindas de falhas aleatórias. Dessa forma, é recomendável que a empresa restrinja a utilização do estoque em seu operador logístico às demandas oriundas deste tipo de manutenção, ou seja, corretivas. A utilização daquele estoque para demandas de manutenções planejadas ou para reposição de estoques de outros centros pode causar uma distorção na curva real de demanda dos materiais, comprometendo o histórico de movimentação e, pior, comprometendo a segurança operacional por provocar uma possível falta não esperada de materiais no estoque, pois aquele estoque foi dimensionado apenas para manutenções corretivas.

Outra recomendação é o estudo de uma política de controle de estoques para as unidades regionais diferente da política de estoques que é utilizada para o operador logístico, pois aquela foi idealizada apenas para manutenções corretivas e os estoques das unidades regionais atendem também as manutenções planejadas. Observou-se no decorrer desta pesquisa que a política empregada para o atendimento do estoque central às manutenções corretivas atende satisfatoriamente através do modelo de estoque base. Porém, desde que a política foi instituída no ano 2000, os equipamentos sofreram desgaste e os planos de manutenção preventiva começaram a ter suas datas de execução colocadas em vigor.

Para atendimento a estas demandas, as unidades regionais da empresa necessitam manter uma programação de compra de materiais apurada e até mesmo um determinado nível de estoque para que não aconteçam compras de última hora elevando o valor da aquisição.

Recomenda-se que novos estudos acadêmicos sejam empreendidos buscando soluções alternativas para o gerenciamento de estoques de peças de reposição para manutenção corretiva, uma vez que a pesquisa sobre o método descrito neste trabalho pode ser ainda aprofundada.

CAPÍTULO 7: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, S.G., D'esopo, D.A. An ordering policy for repairable stock items, Operations Research 16 (3), 482–489, 1968.

Armstrong, M., Atkins, D. Joint optimization of maintenance and inventory policies for a simple system, IIE Transactions 28 (5), 415–424, 1996.

Bridgman, M.S., Mount-Campbell, C.A. Determining the number of spares in an inventory/repair system which supports equipment with scheduled usage, International Journal of Production Economics 30–31, 501–518, 1993.

Bruggeman, W., Van Dierdonck, R. Maintenance resource planning – an integrative approach, Engineering Costs and Production Economics 9, 147–154, 1985.

Cho, D.I., Parlar, M. A survey of maintenance models for multi-unit systems, European Journal of Operations Research 51, 1–23, 1991.

Cobbaert, K., Van Oudheusden, D. Inventory models for fast moving spare parts subject to sudden death obsolescence, International Journal of Production Economics 44, 239–248, 1996.

Cohen, M.A., Kleindorfer, P.R., Lee, H.L. Optimal stocking policies for low usage items in multi-echelon inventory systems, Naval Research Logistics Quarterly 33, 17–38, 1986.

Cohen, M., Zheng, Y., Agrawal, V. Service parts logistics: A benchmark analysis, IIE Transactions 29, 627-639, 1997.

Dekker, R., Kleijn, M.J., Rooij, P.J. A spare parts stocking policy based on equipment criticidade. International Journal of Production Economics 56-57, 69-77, 1998.

Denicoff, M., Fennell, J., Haber, S.E., Marlow, W.H., Solomon, H. A polaris logistic model, Naval Research Logistics Quarterly 11 (4), 259–272, 1964.

Dhakar, T., Schmidt, C., Miller, D. Base stock level determination for higher cost low demand critical repairable spares, Computers and Operations Research 21 (4), 411–420, 1994.

Evans, R.V. Sales and restocking policies in a single item inventory system. Mgmt. Sci. 14, 463-472, 1968.

Foote, B. On the implementation of a control-based forecasting system for aircraft spare parts procurement, IIE Transactions 27 (2), 210–216, 1995.

Fuller, J.B., O'Conor, J., Rawlinson, R. Tailored logistics: The next advantage, Harvard Business Review 71 (3), 87-98, 1993.

Geraerds, W.M.J. The EUT maintenance model, International Journal of Production Economics 24, 209–216, 1992.

Gil, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 3. ed. São Paulo : Atlas, 1991

Gross, D., Ince, J.F. Spares provisioning for repairable items: Cyclic queues in light traffic, AIIE Transactions 10 (3), 307–315, 1978.

Gupta, V., Rao, T. On the M/G/1 machine interference model with spares, European Journal of Operational Research 89, 164–171, 1996.

Haneveld, W.K., Teunter, R.H. Optimal provisioning strategies for slow moving spare parts with small lead times, Journal of The Operational Research Society 48, 184-194, 1997.

Hanssmann, Fred. Operations Research in Production and Inventory Control. John Wiley & Sons. New York, 1962.

Hsu-Hua Lee. A cost/benefit model for investments in inventory and preventive maintenance in an imperfect production system. Computers & Industrial Engineering 48, 55–68, 2005.

Huiskonen, Janne. Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices. International Journal of Production Economics 71, 125–133, 2001.

Ikhwan, M.A.H., Burney, F.A. Maintenance in Saudi industry, International Journal of Operations and Production Management 14 (7), 70–80, 1994.

Kaio, N., Osaki, S. Optimum planned maintenance policies with lead time for an operating unit in preventive maintenance, IEEE Transactions on Reliability 27, 270–271, 1978.

Kaplan, A. Stock rationing. Mgmt. Sci. 15, 260-267, 1969.

Kennedy, W.J., Patterson, J. Wayne, Fredendall, Lawrence D. An overview of recent literature on spare parts inventories. International Journal of Production Economics 76, 201–215, 2002.

Kim, J., Shin, K., Yu, H. Optimal algorithm to determine the spare inventory level for a repairable-item inventory system, Computers and Operations Research 23 (3), 289–297, 1996.

Lakatos, Eva Maria. Fundamentos de metodologia científica. 3. ed. São Paulo : Atlas, 1991.

Lee, H.L., Nahmias, S. Single-product, single-location models. In: Graves, S.C., Rinnooy Kan, A.H.G., Zipkin, P. (Ed.), Handbooks in OR & MS, vol. 4. ESB. North-Holland, Amsterdam, 1993.

Luxhoj, J.T., Rizzo, T.P. Probabilistic spaces provisioning for repairable population models, Journal of Business Logistics 9 (1), 95–117, 1988.

Mamer, J.W., Smith, S.A. Optimizing field repair kits based on job completion rate, Management Science 28 (11), 1328–1333, 1982.

Mann Jr., L. Toward a systematic maintenance program, The Journal of Industrial Engineering 17 (9), 461– 473, 1966.

Moore, R. Establishing an inventory management program, Plant Engineering, March 50 (3), 113–116, 1996.

Nahmias, S. Managing repairable item inventory systems: A review, TIMS Studies in the Management Sciences 16, 253–277, 1981.

Nakagawa, T. Asummary of periodic replacement with minimal repair at failure, Journal of the Operations Research Society of Japan 24 (3), 213–227, 1981.

Nakagawa, T. Generalized models for determining optimal number of minimal repairs before replacement, Journal of the Operations Research Society of Japan 24 (4), 325–337, 1981.

Pao-Long Chang, Ying-Chyi Chou, Ming-Guang Huang. A (r, r, Q) inventory model for spare parts involving equipment criticidade. International Journal of Production Economics 97, 66-74, 2005.

Petrovic, D., Petrovic, R., Senborn A., Vujosevic, M. A microcomputer expert system for advising on stocks in spare parts inventory systems, Engineering Costs And Production Economics 19, 365–370, 1990.

Pierskalla, W.P., Voelker, J.A. A survey of Maintenance Models: the control and surveillance of deteriorating systems, Naval Research Logistics Quarterly 23, 353–388, (1976) (an update (in 1976) of surveys performed by Barlow and Prochan (1965) and McCall (1965) (Larry)).

Richardson, Roberto Jarry. Pesquisa social: métodos e técnicas. São Paulo: Atlas, 1985.

Roesch, Sylvia Maria Azevedo. Projetos de estágio do curso de Administração: guia para pesquisas, projetos, estágios e trabalhos de conclusão de curso. São Paulo: Atlas, 1996.

Rosenbaum, B.A. Inventory placement in a two-echelon inventory system: An application. TIMS Studies in the Management Sciences 16, 195–207, 1981.

Seidel, R. Optimization of the availability of complex manufacturing systems – methods and examples, International Journal of Production Research 21 (2), 153–162, 1983.

Silver, E.A. Inventory allocation among an assembly and its repairable subassemblies, Naval Research Logistics Quarterly 19 (2), 261–280, 1972.

Topkis, D.M. Optimal ordering and rationing policies in a nonstationary dynamic inventory model with n demand classes. Mgmt. Sci. 15, 160-176, 1968.

Triviños, Augusto N. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

Veinott Jr, A.F. Optimal policy in a dynamic, single product, nonstationary inventory model with several demand classes. Oper. Res. 13 ,761-778, 1965.

Veinott Jr, A.F. The status of mathematical inventory theory. Mgmt. Sci, 12, 745-777, 1966.

Viceconti, Carlos Alberto Vilchez. O Sistema de Estoque Base Aplicado à Gestão de Materiais de Manutenção. Trabalho apresentado no III Encontro Nacional de Administração de Material da Abam: Bahia, 1982.

Vujosevic, M., Petrovic, R., Senborn, A. Spare parts inventory planning for a redundant system subject to a phased mission, Engineering Costs and Production Economics 19, 385–389, 1990.

Walker, J. Agraphical aid for initial purchase of insurance type spares, Journal of the Operational Research Society 47, 1296–1300, 1996.

Zohrul Kabir, A.B.M. Al-Olayan, A.S. A stocking policy for spare part provisioning under age based preventive replacement, European Journal of Operational Research 90, 171–181, 1996.

CAPÍTULO 8: ANEXOS

ANEXO 1

NIVEIS DE ATENDIMENTO (%) NECESSÁRIO PARA PREVER FALTAS DE MATERIAIS A INTERVALOS FIXADOS

Média de Requisições Anuais	Intervalos previstos entre Faltas Conscecutivas (anos)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
1	0	50	66,7	75	80	83,3	85,7	87,5	88,9	90	93,3	95
2	50	75	83,3	87,5	90	91,7	92,9	93,8	94,4	95	96,7	97,5
3	66,7	83,3	88,9	91,7	93,3	94,4	95,2	95,8	96,3	96,7	97,8	98,3
4	75	87,2	91,7	93,8	95	95,8	96,4	96,9	97,2	97,5	98,3	98,8
5	80	90	93,3	95	96	96,7	97,1	97,5	97,8	98	98,7	99
6	83,3	91,7	94,4	95,8	96,7	97,2	97,6	97,9	98,1	98,3	98,9	99,2
7	85,7	92,9	95,2	96,4	97,1	97,6	98	98,2	98,4	98,6	99	99,3
8	87,5	93,8	95,8	96,9	97,5	97,9	98,2	98,4	98,6	98,8	99,2	99,4
9	88,9	94,4	96,3	97,2	97,8	98,1	98,4	98,6	98,8	98,9	99,3	99,4
10	90	95	96,7	97,5	98	98,3	98,6	98,8	98,9	99	99,3	99,5
11	90,9	95,5	97	97,7	98,2	98,5	98,7	98,9	99	99,1	99,4	99,5
12	91,7	95,8	97,2	97,9	98,3	98,6	98,8	99	99,1	99,2	99,4	99,6
13	92,3	96,2	97,4	98,1	98,5	98,7	98,9	99	99,1	99,2	99,5	99,6
14	92,9	96,4	97,6	98,2	98,6	98,8	99	99,1	99,2	99,3	99,5	99,6
15	93,3	96,7	97,8	98,3	98,7	98,9	99	99,2	99,3	99,3	99,6	99,7
16	93,8	96,9	97,9	98,4	98,8	99	99,1	99,2	99,3	99,4	99,6	99,7

ANEXO 2

TABELA DO SISTEMADE ESTOQUE BASE PARA PRAZO DE REPOSIÇÃO DE 30 DIAS

B = Estoque Base **A = Nível de Atendimento** **M = Estoque Médio** (B e M em nº de requisições)

Média de Requisições Anuais	B =1		B = 2		B = 3		B = 4		B = 5		B = 6	
	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M
1	92,3	0,92	99,7	1,92								
2	85,7	0,86	98,8	1,84	99,9	2,83						
3	80	0,8	97,6	1,76	99,8	2,75						
4	75	0,75	96	1,68	99,6	2,67						
5	70,6	0,71	94,2	1,61	99,2	2,59						
6	66,7	0,67	92,3	1,54	98,7	2,51	99,8	3,5				
7	63,2	0,63	90,3	1,47	98,1	2,43	99,7	3,42				
8	60	0,6	88,2	1,41	97,5	2,35	99,6	3,34				
9	57,1	0,57	86,2	1,35	96,7	2,28	99,4	3,26				
10	54,5	0,55	84,1	1,3	95,8	2,2	99,1	3,17	99,9	4,17		
11	52,2	0,52	82	1,25	94,8	2,13	98,8	3,09	99,8	3,09		
12	50	0,5	80	1,2	93,8	2,06	98,5	3,02	99,7	4		
13			78	1,16	92,6	2	98	2,94	99,6	3,92		
14			76,1	1,11	91,5	1,93	97,6	2,86	99,4	3,84	99,9	4,84
15			74,2	1,07	90,3	1,87	97,1	2,79	99,3	3,76	99,8	4,75
16			72,4	1,03	89,1	1,81	96,5	2,71	99,1	3,68	99,8	4,67

ANEXO 3

TABELA DO SISTEMADE ESTOQUE BASE PARA PRAZO DE REPOSIÇÃO DE 60 DIAS

B = Estoque Base **A = Nível de Atendimento** **M = Estoque Médio** (B e M em nº de requisições)

Média de Requisições Anuais	B =1		B = 2		B = 3		B = 4		B = 5		B = 6	
	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M
1	85,7	0,86	98,8	1,84								
2	75	0,75	96	1,68	99,6	2,67						
3	66,7	0,67	92,3	1,54	98,7	2,51						
4	60	0,6	88,2	1,41	97,5	2,35	99,6	3,34				
5	54,5	0,55	84,1	1,3	95,8	2,2	99,1	3,17	99,9	4,17		
6	50	0,5	80	1,2	93,8	2,06	98,5	3,02	99,7	4		
7			76,1	1,11	91,5	1,93	97,6	2,86	99,4	3,84		
8			72,4	1,03	89,1	1,81	96,5	2,71	99,1	3,68	99,8	4,67
9			69	0,97	86,6	1,7	95,2	2,57	98,6	3,52	99,6	4,5
10			65,8	0,9	84	1,6	93,8	2,44	98	3,37	99,4	4,34
	B = 3		B = 4		B = 5		B = 6		B = 7		B = 8	
11	81,5	1,51	92,2	2,31	97,2	3,22	99,2	4,18	99,8	5,17		
12	78,9	1,42	90,5	2,19	96,3	3,07	98,8	4,02	99,7	5,01		
13	76,5	1,34	88,7	2,08	95,3	2,93	98,3	3,87	99,5	4,84	99,9	5,84
14	74,1	1,27	86,9	1,97	94,2	2,8	97,8	3,72	99,3	4,68	99,8	5,67
15	71,8	1,21	85	1,88	93	2,67	97,2	3,57	99	4,53	99,7	5,51

ANEXO 4

TABELA DO SISTEMADE ESTOQUE BASE PARA PRAZO DE REPOSIÇÃO DE 90 DIAS

B = Estoque Base **A = Nível de Atendimento** **M = Estoque Médio** (B e M em nº de requisições)

Média de Requisições Anuais	B =1		B = 2		B = 3		B = 4		B = 5		B = 6	
	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M
1	80	0,8	97,6	1,76								
2	66,7	0,67	92,3	1,54	98,7	2,51						
3	57,1	0,57	86,2	1,35	96,7	2,28	99,4	3,26				
4	50	0,5	80	1,2	93,8	2,06	98,5	3,02	99,7	4		
5			74,2	1,07	90,3	1,87	97,1	2,79	99,3	3,76		
6			69	0,97	86,6	1,7	95,2	2,57	98,6	3,52	99,6	4,51
7			64,2	0,88	82,7	1,55	93	2,37	97,6	3,29	99,3	4,26
	B = 4		B = 5		B = 6		B = 7		B = 8		B = 9	
8	90,5	2,19	96,3	3,07	98,8	4,02	99,7	5,01				
9	87,8	2,03	94,8	2,87	98,1	3,79	99,4	4,76				
10	85	1,88	93	2,67	97,2	3,57	99	4,53	99,7	5,51		
11	82,2	1,74	91,1	2,5	96,1	3,36	98,5	4,29	99,5	5,26		
12	79,4	1,62	89	2,33	94,8	3,16	97,8	4,07	99,2	5,02	99,7	6,01
13	76,6	1,51	86,8	2,18	93,3	2,97	97	3,85	98,8	4,79	99,6	4,26
	B = 6		B = 7		B = 8		B = 9		B = 10		B = 11	
14	91,8	2,79	96	3,64	98,3	4,56	99,3	5,52	99,8	6,51		

ANEXO 5

TABELA DO SISTEMADE ESTOQUE BASE PARA PRAZO DE REPOSIÇÃO DE 120 DIAS

B = Estoque Base **A = Nível de Atendimento** **M = Estoque Médio** (B e M em nº de requisições)

Média de Requisições Anuais	B =1		B = 2		B = 3		B = 4		B = 5		B = 6	
	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M
1	75	0,75	96	1,68	99,6	2,67						
2	60	0,6	88,2	1,41	97,5	2,35	99,6	3,34				
3	50	0,5	80	1,2	93,8	2,06	98,5	3,02	99,7	4		
4			72,4	1,03	89,1	1,81	96,5	2,71	99,1	3,68		
5			65,8	0,9	84	1,6	93,8	2,44	98	3,37	99,4	4,34
	B = 3		B = 4		B = 5		B = 6		B = 7		B = 8	
6	78,9	1,42	90,5	2,19	96,3	3,07	98,8	4,02	99,7	5,01		
7	74,1	1,27	86,9	1,97	94,2	2,8	97,8	3,72	99,3	4,68	99,8	5,67
8	69,6	1,15	83,1	1,78	91,7	2,55	96,5	3,43	98,7	4,37	99,6	5,35
	B = 5		B = 6		B = 7		B = 8		B = 9		B = 10	
9	89	2,33	94,8	3,16	97,8	4,07	99,2	5,02	99,7	6,01		
10	86,1	2,13	92,8	2,91	96,7	3,78	98,6	4,71	99,5	5,68	99,8	6,67
11	83,1	1,95	90,6	2,68	95,3	3,51	97,9	4,41	99,2	5,36	99,7	6,35
12	80,1	1,8	88,3	2,47	93,7	3,25	97	4,12	98,7	5,05	99,5	6,02
	B = 7		B = 8		B = 9		B = 10		B = 11		B = 12	
13	91,9	3,02	95,8	3,85	98	4,75	99,2	5,7	99,7	6,68		
14	90	2,8	94,5	3,59	97,2	4,46	98,7					
15												

ANEXO 6

TABELA DO SISTEMADE ESTOQUE BASE PARA PRAZO DE REPOSIÇÃO DE 150 DIAS

B = Estoque Base **A = Nível de Atendimento** **M = Estoque Médio** (B e M em nº de requisições)

Média de Requisições Anuais	B =1		B = 2		B = 3		B = 4		B = 5		B = 6	
	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M
1	70,6	0,71	94,2	1,61	99,2	2,59						
2	54,5	0,55	84,1	1,3	95,8	2,2	99,1	3,17				
3			74,2	1,07	90,3	1,87	97,1	2,79	99,3	3,76		
4			65,8	0,9	84	1,6	93,8	2,44	98	3,38	99,4	4,34
	B = 3		B = 4		B = 5		B = 6		B = 7		B = 8	
5	77,7	1,38	89,6	2,13	95,8	3	98,6	3,95	99,6	4,93		
6	71,8	1,21	85	1,88	93	2,67	97,2	3,57	99	4,53	99,7	5,51
7	66,4	1,06	80,3	1,66	89,7	2,38	95,2	3,22	98,1	4,14	99,3	5,1
	B = 5		B = 6		B = 7		B = 8		B = 9		B = 10	
8	86,1	2,13	92,8	2,91	96,7	3,78	98,6	4,71	99,5	5,68		
9	82,3	1,91	90,1	2,62	94,9	3,44	97,7	4,34	99	5,29	99,6	6,26
	B = 6		B = 7		B = 8		B = 9		B = 10		B = 11	
10	87,1	2,37	92,9	3,13	96,4	3,98	98,4	4,9	99,3	5,86	99,7	6,84
11	84	2,15	90,5	2,85	94,8	3,65	97,4	4,53	98,8	5,47	99,5	6,44
	B = 7		B = 8		B = 9		B = 10		B = 11		B = 12	
12	87,9	2,6	93	3,35	96,3	4,19	98,2	5,09	99,2	6,04	99,7	7,02
13	85,3	2,38	90,9	3,07	94,8	3,86	97,3					

ANEXO 7

TABELA DO SISTEMADE ESTOQUE BASE PARA PRAZO DE REPOSIÇÃO DE 180 DIAS

B = Estoque Base **A = Nível de Atendimento** **M = Estoque Médio** (B e M em nº de requisições)

Média de Requisições Anuais	B =1		B = 2		B = 3		B = 4		B = 5		B = 6	
	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M
1	66,7	0,67	92,3	1,54	98,7	2,51						
2	50	0,5	80	1,2	93,8	2,06	98,5	3,02				
3			69	0,97	86,6	1,7	95,2	2,57	98,6	3,52		
4			60	0,8	78,9	1,42	90,5	2,19	96,3	3,07	98,8	4,02
	B = 3		B = 4		B = 5		B = 6		B = 7		B = 8	
5	71,8	1,21	85	1,88	93	2,67	97,2	3,57	99	4,53	99,7	5,51
6	65,4	1,04	79,4	1,62	89	2,33	94,8	3,16	97,8	4,07	99,2	5,02
	B = 5		B = 6		B = 7		B = 8		B = 9		B = 10	
7	84,6	2,04	91,8	2,79	96	3,64	98,3	4,56	99,3	5,52	99,8	6,51
8	80,1	1,8	88,3	2,47	93,7	3,25	97	4,12	98,7	5,05	99,5	6,02
	B = 7		B = 8		B = 9		B = 10		B = 11		B = 12	
9	91	2,91	95,2	3,72	97,6	4,61	99	5,55	99,6	6,52		
10	87,9	2,6	93	3,35	96,3	4,19	98,2	5,09	99,2	6,04	99,7	7,02
	B = 8		B = 9		B = 10		B = 11		B = 12		B = 13	
11	90,5	3,02	94,5	3,8	97,1	4,66	98,6	5,58	99,3	6,54	99,7	7,52
12	87,8	2,73	92,5	3,45	95,7	4,26	97,7	5,14	98,9	6,07	99,5	7,03
13	85	2,48	90,2	3,14	94	3,89	96,6					

ANEXO 8

TABELA DE ESTOQUE BASE PARA TR 12 MESES

A = NÍVEL DE SERVIÇO **B = ESTOQUE BASE** **B e M = EM Nº DE REQUISIÇÕES**

Média de Requisições Anuais (RA)	B = 3	B = 4	B = 5	B = 6	B = 7	B = 8
1	0,919	0,981	0,996			
2		0,857	0,947	0,983	0,995	0,998
3	B = 9	B = 10	0,815	0,916	0,966	0,988
	0,996	0,998				
4	B = 9	B = 10	B = 11	0,785	0,889	0,948
	0,978	0,991	0,997			
5	B = 9	B = 10	B = 11	B = 12	B = 13	0,996
	0,931	0,916	0,957	0,979	0,991	
6	B = 9	B = 10	B = 11	B = 12	B = 13	B = 14
	0,847	0,916	0,957	0,979	0,991	0,996

ANEXO 9

TABELA DE ESTOQUE BASE PARA TR 15 MESES

A = NÍVEL DE SERVIÇO **B = ESTOQUE BASE** **B e M = EM Nº DE REQUISIÇÕES**

Média de Requisições Anuais (RA)	B = 3	B = 4	B = 5	B = 6	B = 7	B = 8	B = 9	B = 10
1	0,868	0,961	0,99	0,998				
2		0,757	0,891	0,957	0,985	0,995	0,998	
3			B = 11 0,998	0,882	0,913	0,962	0,985	0,994
4			B = 11 0,986	B = 12 0,994	0,762	0,866	0,931	0,968
5			B = 11 0,946	B = 12 0,973	B = 13 0,987	B = 14 0,994	0,82	0,897
6	B = 11 0,862	B = 12 0,92	B = 13 0,957	B = 14 0,978	B = 15 0,989	B = 16 0,995	B = 17 0,998	0,776

ANEXO 10

TABELA DE ESTOQUE BASE PARA TR 18 MESES

A = NÍVEL DE SERVIÇO **B = ESTOQUE BASE** **B e M = EM Nº DE REQUISIÇÕES**

Média de Requisições Anuais (RA)	B = 3	B = 4	B = 5	B = 6	B = 7	B = 8	B = 9	B = 10
1	0,808	0,934	0,0,981	0,995				
2			0,815	0,916	0,966	0,988	0,996	0,998
3			B = 11	B = 12	0,831	0,913	0,959	0,982
			0,993	0,997				
4			B = 11	B = 12	B = 13	B = 14	0,847	0,916
			0,957	0,979	0,991	0,996		
5			B = 11	B = 12	B = 13	B = 14	B = 15	0,776
			0,862	0,92	0,957	0,978	0,989	
6	B = 12	B = 13	B = 14	B = 15	B = 16	B = 17	B = 18	B = 19
	0,803	0,926	0,926	0,958	0,977	0,988	0,994	0,997
	B = 20							
	0,997							

ANEXO 11

TABELA DE ESTOQUE BASE PARA TR 21 MESES

A = NÍVEL DE SERVIÇO **B = ESTOQUE BASE** **B e M = EM Nº DE REQUISIÇÕES**

Média de Requisições Anuais (RA)	B = 3	B = 4	B = 5	B = 6	B = 7	B = 8	B = 9	B = 10
1		0,899	0,967	0,99	0,997			
2			B = 11 0,998	0,857	0,934	0,973	0,99	0,996
3	B = 11 0,981	B = 12 0,992	B = 13 0,996	B = 14 0,998		0,839	0,914	0,958

ANEXO 12

TABELA DE ESTOQUE BASE PARA TR 36 MESES

A = NÍVEL DE SERVIÇO **B = ESTOQUE BASE** **B e M = EM Nº DE REQUISIÇÕES**

Média de Requisições Anuais (RA)	B = 12	B = 13	B = 14	B = 15	B = 16	B = 17	B = 18	B = 19
3	0,803	0,875	0,926	0,958	0,977	0,988	0,994	0,997
	B = 20							
	0,998							
4	B = 20	B = 21	B = 22	B = 23	0,844	0,898	0,937	0,962
	0,978	0,988	0,993	0,996				
5	B = 20	B = 21	B = 22	B = 23	B = 24	B = 25	B = 26	0,819
	0,875	0,917	0,946	0,967	0,98	0,988	0,993	
6	B = 22	B = 23	B = 24	B = 25	B = 26	B = 27	B = 28	B = 29
	0,799	0,855	0,898	0,931	0,955	0,971	0,982	0,989
	B = 29	B = 30	B = 31	B = 32	B = 33	B = 34	B = 35	B = 36
	0,989	0,994	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996

ANEXO 13

Planilha totalizadora contendo as requisições de saída de peças sobressalentes do estoque centralizado da TBG

Microsoft Excel - donadel 3.xls

Requisição	Data modif.	Texto breve	Material	Qtd.do pedido
5000000826	05.09.2008	MODULO ELETRON;GE/IC693ALG392B	20046	1
			20046 Total	1
5000000272	25.04.2005	MODULO ELET CPU;ALLEN BRADLEY/1785-L40B	20051	1
			20051 Total	1
5000000272	25.04.2005	MODULO ELETRON;ALLEN BRADLEY/1785-ENET	20053	1
5000000288	27.05.2005	MODULO ELETRON;ALLEN BRADLEY/1785-ENET	20053	2
5000000293	16.06.2005	MODULO ELETRON;ALLEN BRADLEY/1785-ENET	20053	1
5000000895	26.01.2009	MODULO ELETR;ALLEN BRADLEY/1785-ENET	20053	1
			20053 Total	5
5000000272	25.04.2005	FONTE ALIMENT;ALLEN BRADLEY/1771-P4SB	20054	1
			20054 Total	1
5000000272	25.04.2005	MODULO ELETRON;ALLEN BRADLEY/1785-BCM-C	20055	1
5000000288	27.05.2005	MODULO ELETRON;ALLEN BRADLEY/1785-BCM-C	20055	1
			20055 Total	2
5000000577	23.03.2007	ADAPTADOR;BLACK BOX/LE1076-ST	20057	1
			20057 Total	1
5000000272	25.04.2005	MODULO ELET;ALLEN BRADLEY/1785-BEM-B	20058	1
5000000373	27.01.2006	MODULO ELET;ALLEN BRADLEY/1785-BEM-B	20058	1
5000000668	09.10.2007	MODULO ELETRON;ALLEN BRADLEY/1785-BEM-B	20058	1
			20058 Total	3
5000000288	27.05.2005	MODULO ADAPTADOR;ALLEN BRADLEY/1771ASB-E	20059	1
			20059 Total	1
5000000272	25.04.2005	MODULO;ALLEN BRADLEY/1771-VHSC-A	20060	1
5000000288	27.05.2005	MODULO;ALLEN BRADLEY/1771-VHSC-A	20060	1
			20060 Total	2
5000000288	27.05.2005	CARTÃO MODBUS PLC 5; PROSOFT/3100 - MCM	20061	1
			20061 Total	1
5000000288	27.05.2005	MODULO ADAPTADOR;ALLEN BRADLEY/1794-ASB	20062	2
			20062 Total	2
5000000224	10.12.2004	MODULO ELETRON;ALLEN BRADLEY/1794-IB16	20063	5
			20063 Total	5
5000000125	06.02.2004	PLACA;DANIEL CONTROL/2-3-3400-009	20064	1
			20064 Total	1

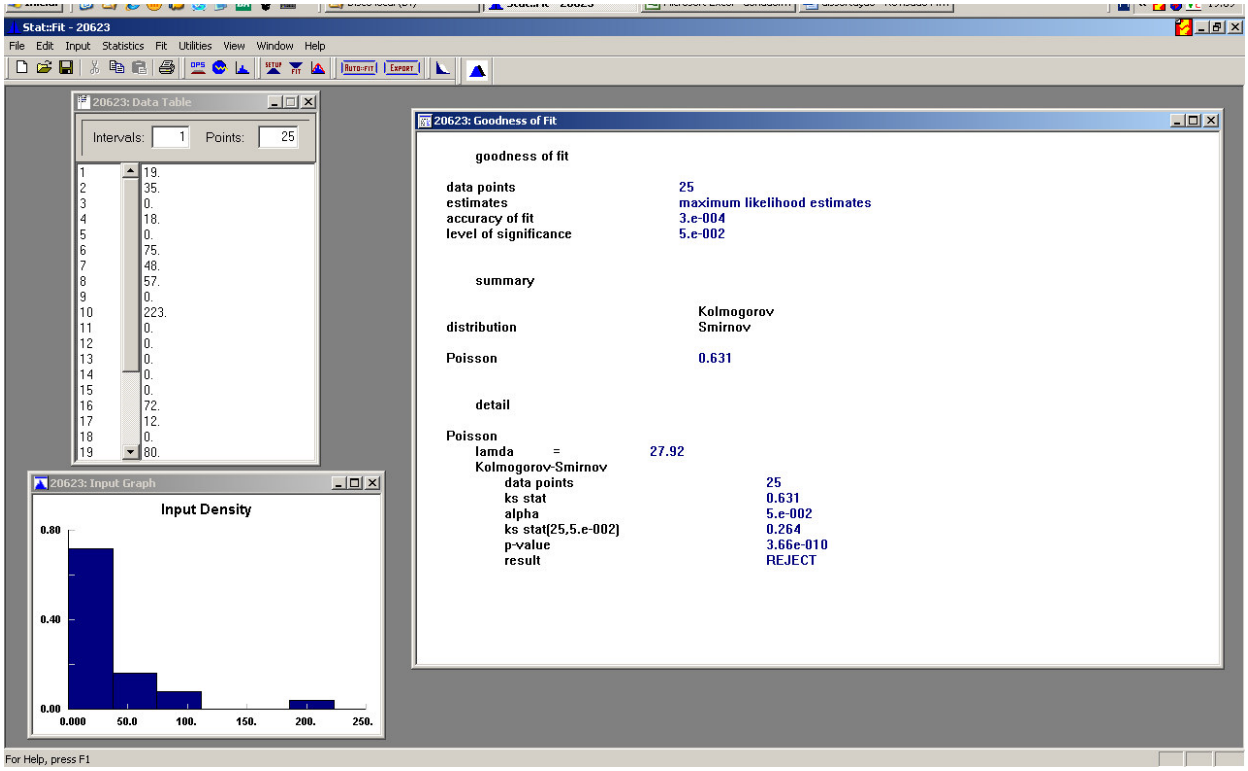
ANEXO 14

Planilha totalizadora contendo as requisições de saída de peças sobressalentes do estoque centralizado da TBG ordenada de forma crescente

	A	B	C	D	E
1	Doc.compra	Data modif.	Texto breve	Material	Qtd.do pedido
2	5000000340	18.10.2005	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	40
3	5000000366	26.12.2005	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	48
4	5000000444	11.07.2006	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	45
5	5000000486	29.09.2006	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	39
6	5000000508	27.11.2006	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	50
7	5000000612	06.06.2007	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	48
8	5000000615	15.06.2007	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	46
9	5000000659	18.09.2007	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	50
10	5000000666	09.10.2007	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	48
11	5000000690	19.11.2007	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	48
12	5000000712	28.01.2008	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	42
13	5000000716	11.02.2008	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	48
14	5000000769	03.06.2008	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	48
15	5000000770	06.06.2008	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	46
16	5000000816	27.08.2008	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	48
17	5000000821	29.08.2008	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	48
18	5000000834	26.09.2008	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	96
19	5000000876	03.12.2008	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	48
20	5000000881	10.12.2008	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	48
21	5000000882	10.12.2008	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	48
22	5000000891	20.01.2009	ELEMENTO;SOLAR/702008C1	70026	48
23				**70026 Total**	1030
24	5000000340	18.10.2005	ELEMENTO;SOLAR/702009C1	70027	23
25	5000000366	26.12.2005	ELEMENTO;SOLAR/702009C1	70027	48
26	5000000444	11.07.2006	ELEMENTO;SOLAR/702009C1	70027	35
27	5000000486	29.09.2006	ELEMENTO;SOLAR/702009C1	70027	21
28	5000000508	27.11.2006	ELEMENTO;SOLAR/702009C1	70027	50
29	5000000612	06.06.2007	ELEMENTO;SOLAR/702009C1	70027	38
30	5000000615	15.06.2007	ELEMENTO;SOLAR/702009C1	70027	46
31	5000000659	18.09.2007	ELEMENTO;SOLAR/702009C1	70027	50
32	5000000666	09.10.2007	ELEMENTO;SOLAR/702009C1	70027	48
33	5000000690	19.11.2007	ELEMENTO;SOLAR/702009C1	70027	48
34	5000000712	28.01.2008	ELEMENTO;SOLAR/702009C1	70027	35

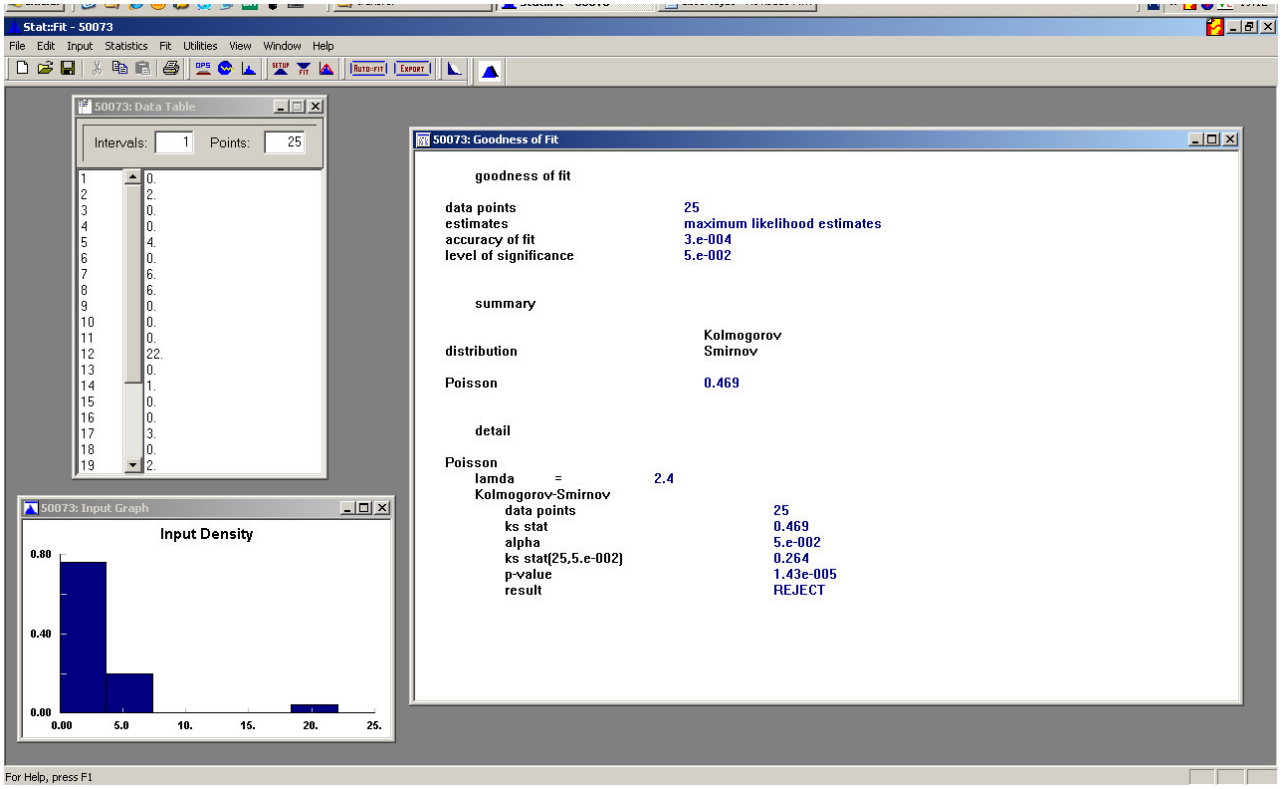
ANEXO 15

Aplicação do teste de aderência pelo método de Kolmogorov-Smirnov para o item 20623



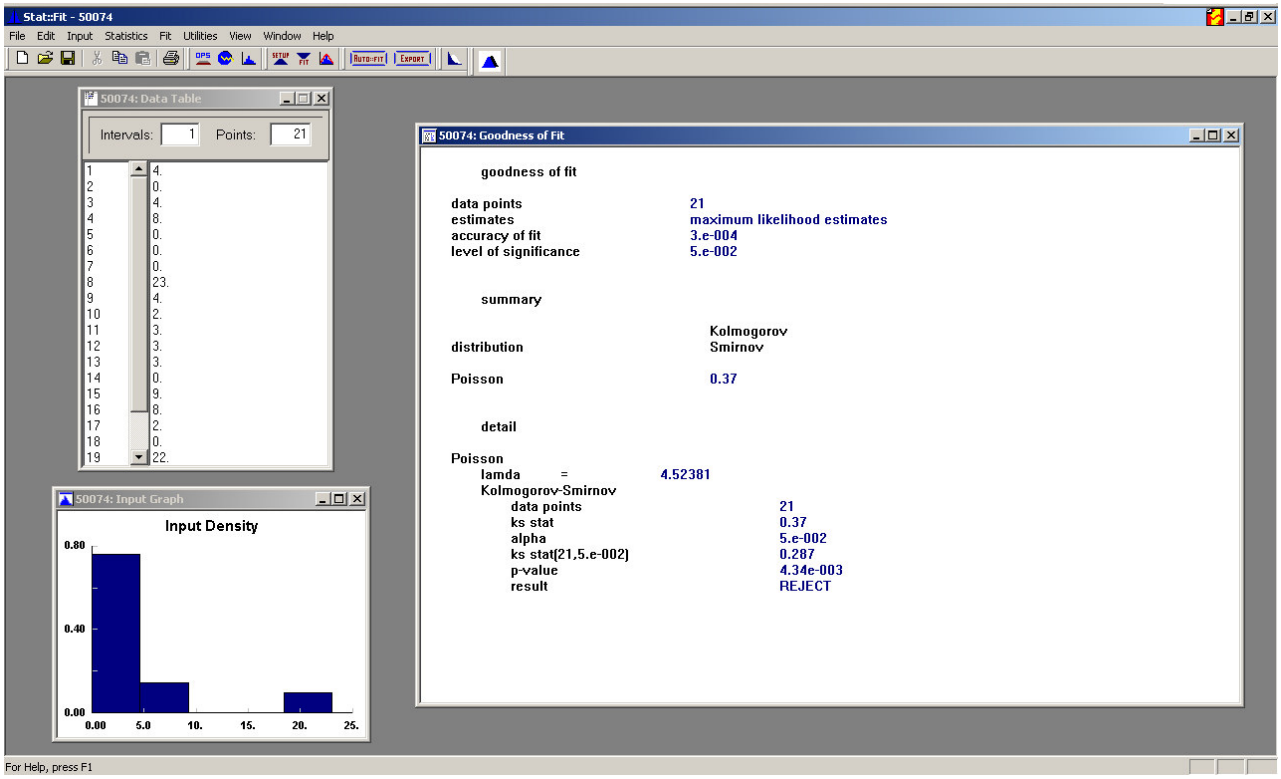
ANEXO 16

Aplicação do teste de aderência pelo método de Kolmogorov-Smirnov para o item 50073



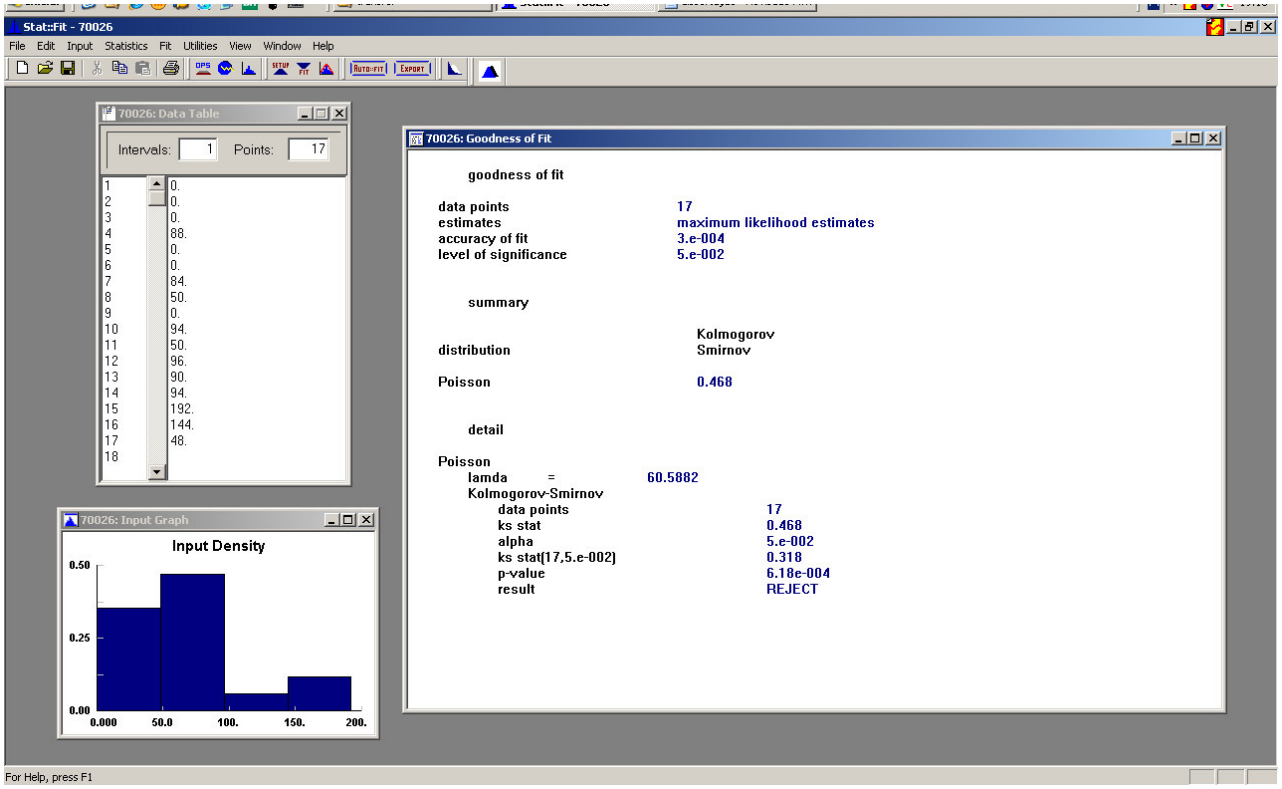
ANEXO 17

Aplicação do teste de aderência pelo método de Kolmogorov-Smirnov para o item 50074



ANEXO 18

Aplicação do teste de aderência pelo método de Kolmogorov-Smirnov para o item 70026



ANEXO 19

Aplicação do teste de aderência pelo método de Kolmogorov-Smirnov para o item 70027